

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

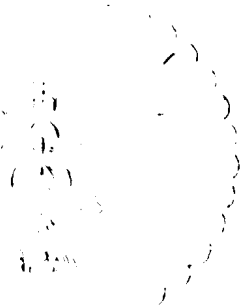
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 4月 4日
Date of Application:

出願番号 特願2003-101312
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2003-101312]

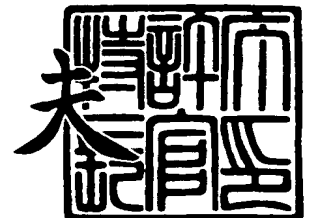
出願人 株式会社半導体エネルギー研究所
Applicant(s):



2004年 2月 4日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井 康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 P007076

【提出日】 平成15年 4月 4日

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 田中 幸一郎

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 宮入 秀和

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 小路 博信

【特許出願人】

【識別番号】 000153878

【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002543

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザ照射方法、レーザ照射装置、及び半導体装置の作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

可視光線以下の波長を有するパルス発振の第 1 のレーザビームが照射される範囲と、基本波を有するパルス発振の第 2 のレーザビームが照射される範囲とを重ね、且つ前記第 1 のレーザビームのパルス発振と、前記第 2 のレーザビームのパルス発振とを同期させ、被照射物と前記第 1 のレーザビーム及び前記第 2 のレーザビームとを相対的に移動させながらレーザビームを照射することを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 2】

半導体膜を熔融させるパルス発振の第 1 のレーザビームと、前記半導体膜の熔融状態に対する吸収係数 α と、前記半導体膜の固相状態に対する吸収係数 β が、 $\alpha > 10\beta$ を満たすパルス発振の第 2 のレーザビームとを重ね、且つ前記第 1 のレーザビームのパルス発振と前記第 2 のレーザビームのパルス発振とを同期させ、前記半導体膜と前記第 1 のレーザビーム及び前記第 2 のレーザビームとを相対的に移動させながらレーザビームを照射することを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 3】

半導体膜に対する吸収係数が $5 \times 10^3/\text{cm}$ 以上である波長範囲を有するパルス発振の第 1 のレーザビームと、前記半導体膜に対する吸収係数が $5 \times 10^2/\text{cm}$ 以下であり、且つ前記半導体膜の熔融状態に対する吸収係数が $5 \times 10^3/\text{cm}$ 以上の波長範囲を有するパルス発振の第 2 のレーザビームとを重ね、且つ前記第 1 のレーザビームのパルス発振と前記第 2 のレーザビームのパルス発振とを同期させ、前記半導体膜と前記第 1 のレーザビーム及び前記第 2 のレーザビームとを相対的に移動させながらレーザビームを照射することを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかにおいて、前記第 1 のレーザビームは、Ar レーザ、Kr レーザ、エキシマレーザ、CO₂ レーザ、YAG レーザ、Y₂O₃ レーザ、YVO₄

レーザ、YLFレーザ、YAlO₃レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイアレーザ、銅蒸気レーザまたは金蒸気レーザから射出されるものであることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかーにおいて、

前記第 2 のレーザビームは、CO₂レーザ、YAGレーザ、Y₂O₃レーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YAlO₃レーザ、ガラスレーザ、アレキサンドライドレーザまたはTi：サファイアレーザから射出されるものであることを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかーにおいて、

前記第 1 のレーザビーム及び前記第二のレーザビームを線状ビームに加工することを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 7】

請求項 6 において、

前記線状に加工された第 1 のレーザビームの、被照射物表面における長径または短径の長さを W₁、前記第 1 のレーザビームに対して透光性を有し、前記被照射物が設置される基板の厚さを d とすると、

前記第 1 のレーザビームの入射角度 ϕ_1 が、

$$\phi_1 \geq \arctan (W_1 / 2d)$$

を満たすように照射することを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 8】

請求項 6 又は請求項 7 において、

前記線状に加工された第 2 のレーザビームの、被照射物表面における長径または短径の長さを W₂、前記第 1 のレーザビームに対して透光性を有し、前記被照射物が設置される基板の厚さを d とすると、

前記第 2 のレーザビームの入射角度 ϕ_2 が、

$$\phi_2 \geq \arctan (W_2 / 2d)$$

を満たすように照射することを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 9】

可視光線以下の波長を出力するパルス発振の第 1 レーザ発振器と、
基本波を出力するパルス発振の第 2 レーザ発振器と、
前記第 1 レーザ発振器から射出される第 1 のレーザービームが照射される範囲に重なるように前記第 2 レーザ発振器から射出される第 2 のレーザービームを照射させる手段と、
被照射物と前記第 1 のレーザービーム及び前記第 2 のレーザービームとを相対的に移動させる手段と、
前記第 1 レーザ発振器のパルスの周期と前記第 2 レーザ発振器のパルスの周期とを同期させる手段と、
を有することを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 10】

可視光線以下の波長を出力するパルス発振の第 1 レーザ発振器と、
基本波を出力するパルス発振の第 2 レーザ発振器と、
前記第 1 レーザ発振器から射出される第 1 のレーザービーム及び前記第 2 レーザ発振器から射出される第 2 のレーザービームを線状ビームに加工する手段と、
前記第 1 レーザ発振器から射出される第 1 のレーザービームが照射される範囲に重なるように前記第 2 レーザ発振器から射出される第 2 のレーザービームを照射する手段と、
照射面と前記第 1 のレーザービーム及び前記第 2 のレーザービームとを相対的に移動させる手段と、
前記第 1 レーザ発振器のパルスの周期と前記第 2 レーザ発振器のパルスの周期とを同期させる手段と、
を有することを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 11】

請求項 9 または請求項 10 において、前記第 1 レーザ発振器は、Ar レーザ、Kr レーザ、エキシマレーザ、CO₂ レーザ、YAG レーザ、Y₂O₃ レーザ、YVO₄ レーザ、YLF レーザ、YAlO₃ レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイアレーザ、銅蒸気レーザまたは金蒸気レーザを有することを

特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 12】

請求項 9 乃至請求項 11 において、前記第 2 レーザ発振器は、CO₂レーザ、YAGレーザ、Y₂O₃レーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YAlO₃レーザ、ガラスレーザ、アレキサンドライドレーザまたはTi:サファイアレーザを有することを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 13】

請求項 10 乃至請求項 12 のいずれかにおいて、
前記線状に加工された第 1 のレーザビームの、被照射物表面における長径または短径の長さを W1、前記第 1 のレーザビームに対して透光性を有する前記被照射物が設置される基板の厚さを d とすると、前記第 1 のレーザビームの入射角度 ϕ_1 が $\phi_1 \geq \arctan(W1/2d)$ を満たすように制御する手段を有することを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 14】

請求項 10 乃至請求項 13 のいずれか一項において、
前記線状に加工された第 2 のレーザビームの、被照射物表面における長径または短径の長さを W2、前記第 2 のレーザビームに対して透光性を有する前記被照射物が設置される基板の厚さを d とすると、前記第 2 のレーザビームの入射角度 ϕ_2 が $\phi_2 \geq \arctan(W2/2d)$ を満たすように制御する手段を有することを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 15】

非晶質半導体膜を形成し、
前記非晶質半導体膜にレーザビームを照射して結晶性半導体膜を形成し、
前記結晶性半導体膜をパターンニングし、
前記パターンニングされた結晶性半導体膜を少なくともチャネル形成領域に有する半導体装置の作製方法において、
前記結晶性半導体膜は、可視光線以下の波長を有するパルス発振の第 1 のレーザビームが照射される範囲と、基本波を有するパルス発振の第 2 のレーザビームが照射される範囲とを重ね、且つ前記第 1 のレーザビームのパルス発振と、前記第

2のレーザビームのパルス発振とを同期させ、前記非晶質半導体膜と前記第1のレーザビーム及び前記第2のレーザビームとを相対的に移動させながらレーザビームを照射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項16】

非晶質半導体膜を形成し、

前記非晶質半導体膜にレーザビームを照射して結晶性半導体膜を形成し、

前記結晶性半導体膜をパターンニングし、

前記パターンニングされた結晶性半導体膜を少なくともチャネル形成領域に有する半導体装置の作製方法において、

前記結晶性半導体膜は、半導体膜を熔融させるパルス発振の第1のレーザビームと、前記半導体膜の熔融状態に対する吸収係数 α と、前記半導体膜の固相状態に対する吸収係数 β が、 $\alpha > 10\beta$ を満たすパルス発振の第2のレーザビームとを重ね、且つ前記第1のレーザビームのパルス発振と前記第2のレーザビームのパルス発振とを同期させ、前記非晶質半導体膜と前記第1のレーザビーム及び前記第2のレーザビームとを相対的に移動させながらレーザビームを照射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項17】

非晶質半導体膜を形成し、

前記非晶質半導体膜にレーザビームを照射して結晶性半導体膜を形成し、

前記結晶性半導体膜をパターンニングし、

前記パターンニングされた結晶性半導体膜を少なくともチャネル形成領域に有する半導体装置の作製方法において、

前記結晶性半導体膜は、半導体膜に対する吸収係数が $5 \times 10^3/\text{cm}$ 以上である波長範囲を有するパルス発振の第1のレーザビームと、前記半導体膜に対する吸収係数が $5 \times 10^2/\text{cm}$ 以下であり、且つ前記半導体膜の熔融状態に対する吸収係数が $5 \times 10^3/\text{cm}$ 以上の波長範囲を有するパルス発振の第2のレーザビームとを重ね、且つ前記第1のレーザビームのパルス発振と前記第2のレーザビームのパルス発振とを同期させ、前記非晶質半導体膜と前記第1のレーザビーム及び前記第2のレーザビームとを相対的に移動させながらレーザビームを照射するこ

とを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 18】

請求項 15 乃至請求項 17 のいずれかにおいて、前記第 1 のレーザービームは、Ar レーザ、Kr レーザ、エキシマレーザ、CO₂ レーザ、YAG レーザ、Y₂O₃ レーザ、YVO₄ レーザ、YLF レーザ、YAlO₃ レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイアレーザ、銅蒸気レーザまたは金蒸気レーザから射出されるものであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 19】

請求項 15 乃至請求項 18 のいずれかにおいて、前記第 2 のレーザービームは、CO₂ レーザ、YAG レーザ、Y₂O₃ レーザ、YVO₄ レーザ、YLF レーザ、YAlO₃ レーザ、ガラスレーザ、アレキサンドライドレーザまたは Ti：サファイアレーザから射出されるものであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 20】

請求項 15 乃至請求項 19 のいずれかにおいて、前記第 1 のレーザービーム及び前記第二のレーザービームを線状ビームに加工することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 21】

請求項 20 において、前記線状に加工された第 1 のレーザービームの、被照射物表面における長径または短径の長さを W_1 、前記第 1 のレーザービームに対して透光性を有し、前記非晶質半導体膜が形成される基板の厚さを d とすると、前記第 1 のレーザービームの入射角度 ϕ_1 が、
$$\phi_1 \geq \arctan (W_1 / 2d)$$
を満たすように照射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 22】

請求項 20 または請求項 21 において、前記線状に加工された第 2 のレーザービームの、被照射物表面における長径または短径の長さを W_2 、前記第 1 のレーザービームに対して透光性を有し、前記非晶質半導体膜が形成される基板の厚さを d とすると、

前記第2のレーザビームの入射角度 ϕ_2 が、

$$\phi_2 \geq \arctan (W_2 / 2d)$$

を満たすように照射することを特徴とするレーザ照射方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はレーザ光の照射方法およびそれを行なうためのレーザ照射装置（レーザと該レーザから出力されるレーザ光を被照射体まで導くための光学系を含む装置）に関する。また、前記レーザを用いた半導体膜のアニール（以下、レーザアニールという）を工程に含んで作製された半導体装置及びその作製方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、ガラス等の絶縁基板上に形成された半導体膜に対し、レーザアニールを施して結晶化させたり、結晶性を向上させる技術が広く研究されている。上記半導体膜には珪素を有する材料がよく用いられる。本明細書中では、半導体膜をレーザ光で結晶化し、結晶質半導体膜を得る手段をレーザ結晶化という。なお、本明細書中において、結晶質半導体膜とは、結晶化領域が存在する半導体膜のことを言い、全面が結晶化している半導体膜も含む。

【0003】

ガラス基板は、従来よく使用されてきた合成石英ガラス基板と比較し、安価で加工性に富んでおり、大面積基板を容易に作製できる利点を持っている。これが上記研究の行われる理由である。また、結晶化に好んでレーザが使用されるのは、ガラス基板の融点が低いからである。レーザは基板の温度を余り上昇させずに、半導体膜のみ高いエネルギーを与えることが出来る。また、電熱炉を用いた加熱手段に比べて格段にスループットが高い。

【0004】

レーザアニールを施して形成された結晶質半導体膜は、高い移動度を有するため、この結晶質半導体膜を用いて薄膜トランジスタ（TFET）を形成し、例えば

、1枚のガラス基板上に、画素駆動用と駆動回路用のTFTを作製する、モノリシック型の液晶電気光学装置等に盛んに利用されている。

【0005】

レーザアニール法の一例は、エキシマレーザに代表されるパルス発振のレーザビームを、照射面において、数cm角の四角いスポットや、長さ100mm以上の線状となるように光学系にて成形し、レーザビームの照射位置を被照射体に対し相対的に移動させて、アニールを行なう方法である。なお、ここでいう「線状」は、厳密な意味で「線」を意味しているのではなく、アスペクト比の大きい長方形（もしくは長楕円形）を意味する。例えば、アスペクト比が2以上（好ましくは10～10000）のもの指すが、照射面における形状が矩形状であるレーザビーム（矩形状ビーム）に含まれると考えてよい。なお、線状とするのは被照射体に対して十分なアニールを行なうためのエネルギー密度を確保するためであり、矩形状や面状であっても被照射体に対して十分なアニールを行なえるのであれば構わない。

【0006】

特に、線状ビームを用いると、前後左右の走査が必要なスポット状のレーザ光を用いた場合とは異なり、線状ビームの長尺方向に直角な方向だけの走査で被照射面全体にレーザ照射を行なうことが出来るため、生産性が高い。長尺方向に直角な方向に走査するのは、それが最も効率の良い走査方向であるからである。この高い生産性により、現在レーザアニール法にはパルス発振エキシマレーザ光を適当な光学系で加工した線状ビームを使用することが、TFTを用いる液晶表示装置の製造技術の主流になりつつある（例えば、特許文献1参照）。

【0007】

【特許文献1】 特開平8-195357号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、レーザ光の照射による結晶化法は、得られる結晶質半導体膜の表面に凸部（リッジ）を多数形成し、膜質を低下させてしまう。すなわち、半導体膜にレーザ光を照射すると、半導体膜が瞬間的に熔融されて、局所的に膨張し

、この膨張によって生じる内部応力を緩和するために、結晶質半導体膜の表面にリッジが形成される。またこのリッジの山と谷との最大高低差は、膜厚の0.5～2倍程度である。

【0009】

絶縁ゲート型のTFETにおいて、結晶質半導体膜の表面のリッジには、ダングリングボンドや格子の歪みなどに起因するポテンシャル障壁やトラップ順位が形成されるため、活性層とゲート絶縁膜との界面準位を高くしてしまう。また、リッジの頂上部は急峻であるために電界が集中しやすく、このためリーク電流の発生源となり、最終的には絶縁破壊を生じ、ショートしてしまう。加えて、結晶質半導体膜の表面のリッジは、スパッタ法やCVD法により堆積されるゲート絶縁膜の被膜性を損なうものであり、絶縁不良等の信頼性を低下させる。近年、半導体デバイスは高性能化、低消費電力化に向けて微細化、高集積化が進められている。そのため、信頼性の高いゲート絶縁膜を薄膜化する技術が不可欠となっているが、ゲート絶縁膜の薄膜化に伴い、半導体膜表面のリッジがゲート絶縁膜の信頼性に及ぼす影響が大きくなっている。また、TFETの電界効果移動度を決める要素のひとつとして、表面散乱効果があげられる。TFETの活性層とゲート絶縁膜界面の平坦性が電界効果移動度に大きな影響を与え、界面が平坦であるほど散乱の影響を受けず高い電界効果移動度が得られる。このように、結晶質半導体膜の表面のリッジがTFETの特性全てに影響を与え、歩留まりまで変わってしまう。

【0010】

本発明は、平坦性の高い表面を有する半導体膜を形成することのできるレーザ照射装置およびレーザ照射方法、並びに該半導体膜を用いる半導体装置の作製方法を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明は、照射面である半導体膜に、パルス発振レーザから射出された高調波と波長1 μ m程度のパルス発振の基本波を有するレーザを補助的に照射する。このとき、両レーザのパルスを同期させ、且つ同時に重ねて照射すると好ましい。

上記の方法によりレーザを半導体膜に照射し、熔融時間をコントロールすることによって、表面の凹凸を低減させることを可能としたレーザ照射方法、レーザ照射装置、及び半導体装置の作製方法を提供する。なお、ここでいう半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般を指し、液晶表示装置や発光装置等の電気光学装置及び該電気光学装置を部品として含む電子装置も含まれるものとする。

【0012】

すなわち本発明では、半導体膜に十分吸収される波長域（可視光線以下が好ましい）で、しかも、連続発振のレーザと比較しレーザビームのスポットのサイズを大幅に拡大しても半導体膜を十分アニール可能なパルス発振の第1のレーザで、半導体膜の一部を熔融させる。

そして、高調波を出力するレーザと比較して出力が数百倍以上得られる例えば出力数kW以上の赤外線を発するレーザから射出されたパルス発振の基本波（例えば、Nd：YAGレーザの基本波）を有する第2のレーザを、熔融した半導体膜に照射する。

すなわち、半導体膜の一部が熔融している状態で、第2のレーザを照射する必要があるため、レーザ結晶化工程においては第1のレーザと第2のレーザとを同時に照射すると好ましい。

なおこのとき、半導体膜と第1のレーザ及び第2のレーザとを相対的に走査させると、処理時間短縮しスループットを向上させることができる。

ここでパルス発振の基本波レーザを用いる理由はピークパワーの出力が数kW以上のものが得られるため、レーザビームを大面積のビームに加工して照射しても半導体膜をアニールすることが可能となり、スループットの面で有利だからである。

このような本発明により、リッジが低減された平坦性の高い表面を有する半導体膜を提供することができる。

【0013】

以下に、本発明により平坦性の高い膜が形成される理由を説明する。

【0014】

基本波は、半導体膜にはほとんど吸収されないが、半導体膜が熔融状態となると、吸収係数が飛躍的に高まり、十分な吸収が得られる。

そのため熔融状態の半導体膜に基本波が吸収されることにより、比較的長い時間熔融状態が持続することが可能になる。なお、基本波の吸収係数は $5 \times 10^2 / \text{cm}$ 以下であるが、半導体膜にエネルギーを与え処理（アニール）を行なうためには $5 \times 10^3 / \text{cm}$ 以上の吸収係数が必要である。したがって、半導体膜が熔融することによって基本波の吸収係数が少なくとも10倍以上変化すれば、レーザ結晶化工程において、本発明が期待する効果が得られる。

【0015】

すなわち、固相状態の半導体膜によく吸収されるレーザが照射され熔融状態となった半導体膜に、基本波を吸収させることによって熔融状態を持続させることができ、リッジの形成を抑制しながら半導体膜のレーザアニールを行なうことができる。なお、リッジの形成されないレーザ出力、パルス幅、レーザ発振の繰返し周波数、レーザ走査速度などの条件は、膜厚、膜質などに応じて適宜選択すると良い。上記のパラメータを調整することによって、レーザアニールに伴う半導体膜の単位時間当たりの温度変動を可能な限り小さくし、急激な温度変動によるリッジの形成をさらに防止することができる。

【0016】

具体的なレーザ結晶化工程では、固相状態の半導体膜によく吸収されるレーザの発振と、基本波のレーザの発振は、熔融した領域に基本波が照射されるように、互いに同期させて行なう。なお基本波のパルス幅、レーザ出力等はパルスレーザにより熔融された半導体膜に過剰にレーザの出力が入らないように調整する必要がある。

【0017】

レーザ発振のタイミングや出力については図1を用いて説明する。図1中、縦軸がレーザ出力で、横軸が時間である。また半導体膜が熔融するのに必要なレーザ出力のエネルギー閾値を W_1 、半導体膜が結晶化するのに最適なエネルギーを W_0 とする。

【0018】

図1 (a)において、半導体膜によく吸収される波長域をもつ第1のパルスレーザと、波長が $1\mu\text{m}$ 程度の第2のパルスレーザとにより、半導体膜に熔融した領域を形成する。すなわち図1に示すように、第1のパルスレーザにより半導体膜が熔融している時間において第2のパルスレーザが照射されるようにする。このとき第1のパルスレーザの出力が半導体熔融の閾値 W_1 を越えるようにする。また、第1のパルスレーザと第2のパルスレーザの出力の合計は W_0 となるようにレーザ出力を調整する。さらに、第1のパルスレーザのパルス幅を第2のパルスレーザよりも大きくすることによって、半導体膜の熔融状態をより持続させることが可能になる。

【0019】

固相状態の半導体膜によく吸収されるパルスレーザのパルス幅は数百 ns であるため、半導体膜は瞬間的に熔融、再結晶化しリッジを形成する。しかし、基本波のパルスレーザとしては、パルス幅が数十 μs 以上のものを用いることができるため、熔融状態が数百倍以上長く持続する。熔融時間が著しく長くなるため、半導体膜表面に形成されたリッジはその形状を維持することが困難となる。したがってリッジの形成を抑制することが可能になり、本発明が期待する効果を得ることができる。

【0020】

なお、レーザの照射条件を選択することによって、図1 (b)に示すように、第2のパルスレーザが照射される時間内に第1のパルスレーザを複数回照射する構成としてもよい。また、CWレーザをパルス形状に変調したもの（本明細書中ではパルス発振と呼ぶ）を照射する構成としてもよい。上記の方法によってレーザ照射を行なうことにより、半導体膜上のリッジの形成を抑制することが可能になる。

【0021】

具体的に本明細書で開示するレーザ照射方法に関する構成の一つは、可視光線以下の波長を有するパルス発振の第1のレーザビームが照射される範囲と、基本波を有するパルス発振の第2のレーザビームが照射される範囲とを重ね、且つ前記第1のレーザビームのパルス発振と、前記第2のレーザビームのパルス発振と

を同期させ、被照射物と前記第 1 のレーザビーム及び前記第 2 のレーザビームとを相対的に移動させながらレーザビームを照射することを特徴とするレーザ照射方法である。

【 0 0 2 2 】

また本明細書で開示するレーザ照射方法に関する構成の一つは、半導体膜を熔融させるパルス発振の第 1 のレーザビームと、前記半導体膜の熔融状態に対する吸収係数 α と、前記半導体膜の固相状態に対する吸収係数 β が、 $\alpha > 10\beta$ を満たすパルス発振の第 2 のレーザビームとを重ね、且つ前記第 1 のレーザビームのパルス発振と前記第 2 のレーザビームのパルス発振とを同期させ、前記半導体膜と前記第 1 のレーザビーム及び前記第 2 のレーザビームとを相対的に移動させながらレーザビームを照射することを特徴とするレーザ照射方法である。

【 0 0 2 3 】

また本明細書で開示するレーザ照射方法に関する構成の一つは、半導体膜に対する吸収係数が $5 \times 10^3/\text{cm}$ 以上である波長範囲を有するパルス発振の第 1 のレーザビームと、前記半導体膜に対する吸収係数が $5 \times 10^2/\text{cm}$ 以下であり、且つ前記半導体膜の熔融状態に対する吸収係数が $5 \times 10^3/\text{cm}$ 以上の波長範囲を有するパルス発振の第 2 のレーザビームとを重ね、且つ前記第 1 のレーザビームのパルス発振と前記第 2 のレーザビームのパルス発振とを同期させ、前記半導体膜と前記第 1 のレーザビーム及び前記第 2 のレーザビームとを相対的に移動させながらレーザビームを照射することを特徴とするレーザ照射方法である。

【 0 0 2 4 】

上記発明の構成において、前記第 1 のレーザビームは、Ar レーザ、Kr レーザ、エキシマレーザ、CO₂ レーザ、YAG レーザ、Y₂O₃ レーザ、YVO₄ レーザ、YLF レーザ、YAIO₃ レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイアレーザ、銅蒸気レーザまたは金蒸気レーザから射出されるものである。

【 0 0 2 5 】

また、上記発明の構成において、前記第 2 のレーザビームは、CO₂ レーザ、YAG レーザ、Y₂O₃ レーザ、YVO₄ レーザ、YLF レーザ、YAIO₃ レーザ、ガラスレーザ、

アレキサンドライドレーザまたはTi：サファイアレーザから射出されるものである。

【0026】

また、上記発明の構成において、前記第1のレーザビームは、可視光線とするため非線形光学素子により高調波に変換されていることを特徴とする。但し基本波ですでに可視光線以下であるものは、そのまま使用すればよい。前記非線形光学素子に使われる結晶は、例えばLB0やBBOやKDP、KTPやKB5、CLB0と呼ばれるものを使うと変換効率の点で優れている。これらの非線形光学素子をレーザの共振器の中に入れることで、変換効率を大幅に上げることができる。

【0027】

本明細書で開示するレーザ照射装置に関する発明の構成の一つは、可視光線以下の波長を出力するパルス発振の第1レーザ発振器と、基本波を出力するパルス発振の第2レーザ発振器と、前記第1レーザ発振器から射出される第1のレーザビームが照射される範囲に重なるように前記第2レーザ発振器から射出される第2のレーザビームを照射させる手段と、被照射物と前記第1のレーザビーム及び前記第2のレーザビームとを相対的に移動させる手段と、前記第1レーザ発振器のパルスの周期と前記第2レーザ発振器のパルスの周期とを同期させる手段とを有することを特徴とするレーザ照射装置である。

【0028】

本明細書で開示するレーザ照射装置に関する発明の他の構成は、可視光線以下の波長を出力するパルス発振の第1レーザ発振器と、基本波を出力するパルス発振の第2レーザ発振器と、前記第1レーザ発振器から射出される第1のレーザビーム及び前記第2レーザ発振器から射出される第2のレーザビームを線状ビームに加工する手段と、前記第1レーザ発振器から射出される第1のレーザビームが照射される範囲に重なるように前記第2レーザ発振器から射出される第2のレーザビームを照射する手段と、照射面と前記第1のレーザビーム及び前記第2のレーザビームとを相対的に移動させる手段と、前記第1レーザ発振器のパルスの周期と前記第2レーザ発振器のパルスの周期とを同期させる手段とを有することを特徴とするレーザ照射装置である。

【0029】

上記発明の構成において、前記第1レーザ発振器は、Arレーザ、Krレーザ、エキシマレーザ、CO₂レーザ、YAGレーザ、Y₂O₃レーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YA₁₀レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイアレーザ、銅蒸気レーザまたは金蒸気レーザを有する。

【0030】

上記発明の構成において、前記第2レーザ発振器は、CO₂レーザ、YAGレーザ、Y₂O₃レーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YA₁₀レーザ、ガラスレーザ、アレキサンドライドレーザまたはTi：サファイアレーザを有する。

【0031】

本明細書で開示する半導体装置の作製方法に関する発明の構成の一つは、非晶質半導体膜を形成し、前記非晶質半導体膜にレーザビームを照射して結晶性半導体膜を形成し、前記結晶性半導体膜をパターンニングし、前記パターンニングされた結晶性半導体膜を少なくともチャネル形成領域に有する半導体装置の作製方法において、前記結晶性半導体膜は、可視光線以下の波長を有するパルス発振の第1のレーザビームが照射される範囲と、基本波を有するパルス発振の第2のレーザビームが照射される範囲とを重ね、且つ前記第1のレーザビームのパルス発振と、前記第2のレーザビームのパルス発振とを同期させ、前記非晶質半導体膜と前記第1のレーザビーム及び前記第2のレーザビームとを相対的に移動させながらレーザビームを照射することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0032】

本明細書で開示する半導体装置の作製方法に関する発明の他の構成は、非晶質半導体膜を形成し、前記非晶質半導体膜にレーザビームを照射して結晶性半導体膜を形成し、前記結晶性半導体膜をパターンニングし、前記パターンニングされた結晶性半導体膜を少なくともチャネル形成領域に有する半導体装置の作製方法において、前記結晶性半導体膜は、半導体膜を溶融させるパルス発振の第1のレーザビームと、記半導体膜の溶融状態に対する吸収係数 α と、前記半導体膜の固相状態に対する吸収係数 β が、 $\alpha > 10\beta$ を満たすパルス発振の第2のレーザビームとを重ね、且つ前記第1のレーザビームのパルス発振と前記第2のレーザビーム

のパルス発振とを同期させ、前記非晶質半導体膜と前記第1のレーザビーム及び前記第2のレーザビームとを相対的に移動させながらレーザビームを照射することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0033】

本明細書で開示する半導体層の作製方法に関する発明の他の構成は、非晶質半導体膜を形成し、前記非晶質半導体膜にレーザビームを照射して結晶性半導体膜を形成し、前記結晶性半導体膜をパターンニングし、前記パターンニングされた結晶性半導体膜を少なくともチャネル形成領域に有する半導体装置の作製方法において、前記結晶性半導体膜は、半導体膜に対する吸収係数が $5 \times 10^3/\text{cm}$ 以上である波長範囲を有するパルス発振の第1のレーザビームと、前記半導体膜に対する吸収係数が $5 \times 10^2/\text{cm}$ 以下であり、且つ前記半導体膜の熔融状態に対する吸収係数が $5 \times 10^3/\text{cm}$ 以上の波長範囲を有するパルス発振の第2のレーザビームとを重ね、且つ前記第1のレーザビームのパルス発振と前記第2のレーザビームのパルス発振とを同期させ、前記非晶質半導体膜と前記第1のレーザビーム及び前記第2のレーザビームとを相対的に移動させながらレーザビームを照射することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【0034】

上記発明の構成において、前記第1のレーザビームは、Arレーザ、Krレーザ、エキシマレーザ、CO₂レーザ、YAGレーザ、Y₂O₃レーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YA₁₀レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライドレーザ、Ti：サファイアレーザ、銅蒸気レーザまたは金蒸気レーザから射出されるものである。

【0035】

また、上記発明の構成において、前記第2のレーザビームは、CO₂レーザ、YAGレーザ、Y₂O₃レーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YA₁₀レーザ、ガラスレーザ、アレキサンドライドレーザまたはTi：サファイアレーザから射出されるものである。

【0036】

また、非晶質半導体膜が形成される基板として、ガラス基板、石英基板やシリ

コン基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス基板、可撓性基板などを用いることができる。前記ガラス基板として、バリウムホウケイ酸ガラス、またはアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラスからなる基板が挙げられる。可撓性基板とは、PET、PES、PEN、アクリルなどからなるフィルム状の基板のことであり、可撓性基板を用いて半導体装置を作製すれば、軽量化が見込まれる。可撓性基板の表面、または表面および裏面にアルミ膜（AlON、AlN、AlOなど）、炭素膜（DLC（ダイヤモンドライクカーボン）など）、SiNなどのバリア層を単層または多層にして形成すれば、耐久性などが向上するので望ましい。上記の ϕ に対する不等式は、基板がレーザビームに対して透光性のあるもの以外には適用されない。なぜならば、この場合、基板の厚さ d が全く意味のない数値となるからである。

【0037】

なお、レーザビームに対して透光性を持つ基板上に成膜された半導体膜をアニールする場合、均一なレーザビームの照射を実現するためには、照射面に垂直な平面であって、かつビームの形状を線状（長方形や楕円を含む）と見立てたときの短辺を含む面または長辺を含む面のいずれか一方を入射面と定義すると、前記レーザ光の入射角 ϕ は、入射面に含まれる前記短辺または前記長辺の長さが W 、前記照射面に設置され、かつ、前記レーザ光に対して透光性を有する基板の厚さが d であるとき、 $\phi \geq \arctan(W/2d)$ を満たすのが望ましい。複数のレーザビームを使用する場合、この議論は個々のレーザビームについて成り立つ必要がある。なお、レーザビームの軌跡が、前記入射面上にないときは、該軌跡を該入射面に射影したものの入射角度を ϕ とする。この入射角度 ϕ でレーザビームが入射されれば、基板の表面での反射光と、前記基板の裏面からの反射光とが干渉せず、一様なレーザビームの照射を行なうことができる。以上の議論は、基板の屈折率を1として考えた。実際は、基板の屈折率が1.5前後のものが多く、この数値を考慮に入れると上記議論で算出した角度よりも大きな計算値が得られる。しかしながら、ビームスポットのエネルギーはビームスポットの端に近づくに従い減衰があるため、この部分での干渉の影響は少なく、上記の算出値で十分に干渉減衰の効果が得られる。この議論は、第1のレーザビームに対しても、第2のレ

ーザビームに対しても成り立ち両方とも上記不等式を満たしているほうが好ましいが、エキシマレーザのように極端にコヒーレント長の短いレーザに関しては、上記不等式を満たさなくても問題はない。

【0038】

【発明の実施の形態】

[実施の形態1]

本発明の実施形態について図2を用いて説明する。本実施形態では、長いビーム105及び長いビーム106を形成し照射面111に照射する例を示す。

【0039】

まず、パルス発振の200Wのレーザ発振器101（例えば、XeClエキシマレーザ）を用意する。周波数は300Hz、パルス幅は20ns程度であり、発振波長は308nmである。なおレーザ発振器は、パルスの周波数を他のレーザ発振器のパルスの周期とを同期させる手段を有している。

【0040】

レーザ発振器から射出したレーザビーム1は光学系102によりビームスポット形状が変換される。

ここで本装置の光学系102について説明する。レーザビーム1は図示しないシリンドリカルレンズアレイを含む光学系102やシリンドリカルレンズなどで構成されたホモジナイザを通過することによってレーザ光のエネルギー分布が照射面において均一化される。前記ホモジナイザの途中にはミラー103を挿入し、レーザビームの進行方向を変換する。

シリンドリカルレンズ104にレーザビーム1を透過させることによって、被処理物上に線状ビームを集束させることができる。

すなわち光学系102及びシリンドリカルレンズ104が第1のレーザビームを線状ビームに加工する一手段に相当する。なお、シリンドリカルレンズを複数設置したり、凸レンズや凹レンズと組み合わせても線状ビームに加工することができる。

上記の方法によって、光学系102に入射する直前のレーザ光のビームは3×2cm程度の長方形であるが、例えば長さ100mm、幅400μm程度の線状

ビーム 1 (105) を照射面 111 に照射することができる。

【0041】

次いで、パルス発振の 600W のレーザ発振器 106 (例えば Nd:YAG レーザ、基本波、周波数 300Hz、パルス幅 0.2 msec) を用意する。なおレーザ発振器は、パルスの周波数を他のレーザ発振器、特に第 1 のレーザ発振器のパルス周期とを同期させる手段を有している。

【0042】

レーザ発振器 106 から射出したレーザビーム 2 は光学系 107 によりビームスポット形状が変換される。レーザビーム 2 は、シリンドリカルレンズアレイを含む光学系 107 やシリンドリカルレンズ 109 などで構成されたホモジナイザを通過することによってレーザ光のエネルギー分布が均一化される。レーザビームはホモジナイザの途中に挿入されたミラー 108 によって鉛直方向から角度 ϕ 1 ずれた方向に進行方向が変換される。シリンドリカルレンズ 109 は照射面 111 にレーザビームを線状に集束させることができる。すなわち光学系 107 及びシリンドリカルレンズ 109 が第 2 のレーザビームを線状ビームに加工する一手段に相当する。なお、シリンドリカルレンズを複数設置したり、凸レンズや凹レンズと組み合わせても線状ビームに加工することができる。上記の方法によって、光学系 107 に入射する直前のレーザ光は ϕ 10 mm 程度のビームであるが、長さ 120 mm、幅 800 μ m 程度の線状ビーム 2 (110) を照射面 111 に照射することができる。線状ビーム 2 は線状ビーム 1 に重ね合わせて照射する。これはミラー 103 及び 108 により制御すればよい。すなわち第 1 レーザ発振器から射出される第 1 のレーザビームが照射される範囲に重なるように前記第 2 レーザ発振器から射出される第 2 のレーザビームを照射させる一手段としてミラー 103 及び 108 に相当する。なお、レーザ発振器 106 から射出されるレーザビーム 2 の干渉性が強い場合には、ホモジナイザで分割されるレーザビームの各々に光路差をつける工夫が必要となる。

【0043】

被照射物 111 としては、半導体膜を水平面と平行に設置する。半導体膜は例えば、ガラス基板の表面に成膜する。半導体膜が成膜された基板は、本実施形態

においては厚さ 0.7 mm のガラス基板であり、レーザ照射の際に基板が落ちないように、吸着ステージ 112 に固定されている。吸着ステージ 112 は、X 軸用の一軸ロボット 113 と Y 軸用の一軸ロボット 114 により、半導体膜表面 111 に平行な面上を XY 方向に動作できる。すなわち被照射物と前記第 1 のレーザビーム及び前記第 2 のレーザビームとを相対的に移動させる一手段として吸着ステージ 112 X 軸用の一軸ロボット 113 及び Y 軸用の一軸ロボット 114 が相当する。

【0044】

一般に、ガラス基板は波長が $1\ \mu\text{m}$ 程度の YAG などの基本波や緑色の YAG などの第 2 高調波に対して透光性を有するが、本光学系が上記入射角の不等式を満たすためには、シリンドリカルレンズ 109 の位置を入射面と垂直な方向にずらして長いビームの短径を含む照射面 111 に垂直な面内において入射角を持たせ、不等式を満たすようにすればよい。この場合、長いビーム 2 においては 30° 程度の傾きがあれば、干渉を抑制することができる。すなわち第 2 のレーザビームの入射角度 ϕ_2 が $\phi_2 \geq \arctan(W_2/2d)$ を満たすように制御する一手段としてシリンドリカルレンズ 109 が相当する。なお、同様に第 1 のレーザビームの入射角度 ϕ_1 が $\phi_1 \geq \arctan(W_1/2d)$ を満たすように制御する一手段としては、シリンドリカルレンズ 104 が相当する。

【0045】

次に、レーザ発振器 101 とレーザ発振器 106 の発振の方法に関して説明する。発振のタイミングについては、図 1 で説明した通りである。まず、レーザ発振器 101 から射出されるレーザビームにより、半導体膜を溶融させ、この溶融状態が保たれているうちに、基本波のレーザ発振器 106 から射出されるレーザビームを照射する。レーザの照射は、半導体膜の溶融状態を持続させ、リッジの形成を防止できるようにパルス幅と出力を調整しながら行なう。この出力は、半導体膜の物性や、レーザビームの走査速度などに影響されるが、大体 $50\text{ kW/cm}^2 \sim 500\text{ MW/cm}^2$ の範囲に入っていると適当なエネルギーを選べる可能性が高い。これを図 1 で表現すると、(a) のようになる。図 1 (a) において、本工程に最適なレーザ出力を W_0 とすると、レーザ発振器 101 の出力を W_0 以下とし、それ

を基本波のレーザ発振器 106 からの出力で補い、合計で出力が W0 に相当するように設定すればよい。レーザ発振器 106 から射出されるパルス の時間幅を、レーザ発振器 101 から射出されるパルス の時間幅よりも長くすることによって、半導体膜の熔融状態を持続させることが可能となる。このようなパルス の繰り返しにより、リッジの形成を抑制しながら半導体膜の結晶化を行うことができる。

【0046】

次に、半導体膜の作製方法の例を示す。前記半導体膜はガラス基板上に形成する。具体的には、厚さ 0.7 mm のガラス基板の片面に厚さ 200 nm の酸化窒化シリコンを成膜し、その上に厚さ 70 nm の非晶質半導体膜 (a-Si 膜) をプラズマ CVD 法にて成膜する。さらに半導体膜のレーザに対する耐性を高めるために、500 °C 1 時間の熱アニールを該半導体膜に対して行なう。前記熱アニールの他に、金属元素による半導体膜の結晶化を行ってもよい。どちらの膜を使っても、最適なレーザビームの照射条件はほぼ同様である。

【0047】

ついで、前記半導体膜 (照射面 111 に相当) に対するレーザの照射の例を示す。Y 軸ロボット 114 を使って長いビーム 105 の短径方向に半導体膜が成膜された基板を走査させることにより、半導体膜全体をレーザアニールする。このときレーザ発振器の出力は、図 1 に示すパターンで変化させる。前記走査のとき、エキシマレーザが半導体膜に照射されて、半導体膜が熔融状態となつてから、YAG レーザがその熔融領域に作用する。

【0048】

図 4 に半導体膜全面をレーザアニールする照射方法を示す。識別を容易にするため図中の符号は図 1 と同じものを使った。半導体膜が成膜された基板を吸着ステージ 112 に固定し、レーザ発振器 101 及びレーザ発振器 106 を発振させる。まず Y 軸ロボット 114 により走査速度 1 cm/s にて、半導体膜表面を一筋走査する。前記 1 筋は図 4 中において、A1 の部分に相当する。図 4 中、Y 軸ロボットにて、往路 Am (m は正の整数) の部分をレーザ照射した後、X 軸ロボット 113 により、レーザアニールされた領域の幅分だけビームをその長径方向にスライドさせ、復路 Bm の部分をレーザ照射する。ただし、レーザアニールされ結晶

化した領域の幅方向における両端には、どうしてもエネルギーの不足する領域が形成されるため、該領域を往路と復路で重ねると、最も半導体膜の利用効率が高く好ましい。また、該領域には高特性を要求される半導体素子を形成しないようにすることが肝要である。このような一連の動作を繰り返すことにより、半導体膜全面をレーザアニールすることができる。

【0049】

以上のような方法によって、得られた半導体膜を用いて半導体装置を作製する。半導体装置の作製方法の例は、実施例にて示す。

【0050】

[実施の形態2]

本実施形態では、基本波を出力するレーザを複数台使用して半導体膜にレーザ照射する例を図3に沿って示す。

【0051】

まず図3(a)に示すように、パルス発振の200Wのレーザ発振器201（例えば、XeClエキシマレーザ、波長308nm、パルス幅20ns）を用意する。前記レーザ発振器は、300Hz発振し、1パルスあたり1Jの出力を出すことができる。ビームサイズは適当な光学系202a、202bにより長さ200mm×0.5mmに加工する。前記光学系の途中にはミラー203を挿入し、レーザビームの進行方向を鉛直方向に変換する。照射面でのエネルギー分布は均一とし、用いる光学系には、例えばシリンドリカルレンズアレイやシリンドリカルレンズを組み合わせたホモジナイザを使用する。その他、ライトパイプや、その他のインテグレートレンズを用いてエネルギー分布を均一化してもよい。半導体膜をエキシマレーザにて結晶化させる場合、最適なエネルギー密度は、概ね200～1000mJ/cm²の範囲に入る。なお、エキシマレーザの場合は、コヒーレント長が非常に短いため、半導体膜に入射するビームの角度は全く気にする必要がない。

【0052】

次に、600Wのレーザ発振器210及び214（例えば、Nd:YAGレーザ、パルス発振、基本波、周波数300Hz、パルス幅0.2ms）を用意する。両

レーザ発振器から射出したレーザビームは光学系 211 および 213 によりビームスポット形状が変換される。用いる光学系には、例えばシリンダリカルレンズアレイやシリンダリカルレンズを組み合わせたホモジナイザを使用する。その他、ライトパイプや、その他のインテグレイトレンズを用いてエネルギー分布を均一化してもよい。なお、レーザ発振器 210 及び 214 から射出されるレーザビームの干渉性が強い場合には、ホモジナイザで分割されるレーザビームの各々に光路差をつける工夫が必要となる。光学系によって変換されたビームは、半導体膜上での干渉の発生を防ぐため、入射角度 35 度以上で、半導体膜 204 に入射させると好ましい。本発明実施の形態においては、該入射角度を 35 度とし、半導体膜上で、約 100×1 mm の楕円状のビーム 206、212 を形成する。ビーム 206 と 212 の両方で長いビーム 205 を覆うように配置する。前記配置は、例えば図 3 b) に記載したようにし、長いビーム 205 の長径の方向の両側に、基本波によるビーム 206、212 を配置し、基本波によるビームそれぞれの長径を同一直線上に乗せるようにする。

【0053】

光学系を上記説明のように配置した後、半導体膜 204 に対してレーザ照射を行なう。照射の方法は、実施形態 1 に示した通りであるが、本実施形態の場合は、エキシマレーザのエネルギー分布も、YAGレーザのエネルギー分布も、半導体膜の溶融領域においては比較的均一であることから、より半導体素子の特性を揃える必要のある半導体装置に本実施形態は特に有効となる。半導体膜 204 が成膜された基板は吸着ステージ 207 に設置する。X 軸ロボット 208 および Y 軸ロボット 209 を走査することによって、半導体膜全面をアニールすることが可能になる。

【0054】

以上のような方法によって、得られた半導体膜を用いて半導体装置を作製する。半導体装置の作製方法の例は、実施例にて示す。

【0055】

【実施例】

(実施例 1)

本実施例では上記実施の形態で作製方法の例を示した半導体膜を使ってアクティブマトリクス基板を作製する方法の例について図5、図6を用いて説明する。

【0056】

まず、本実施例ではコーニング社の#7059ガラスや#1737ガラスなどに代表されるバリウムホウケイ酸ガラス、またはアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラスからなる基板700を用いる。なお、基板700としては、石英基板やシリコン基板、金属基板またはステンレス基板の表面に絶縁膜を形成したものをを用いても良い。また、本実施例の処理温度に耐えうる耐熱性が有するプラスチック基板を用いてもよい。

【0057】

次いで、基板700上に酸化珪素膜、窒化珪素膜または酸化窒化珪素膜などの絶縁膜から成る下地膜701を形成する。本実施例では下地膜701として2層構造を用いるが、前記絶縁膜の単層膜または2層以上積層させた構造を用いても良い。下地膜701の一層目としては、プラズマCVD法を用い、 SiH_4 、 NH_3 、及び N_2O を反応ガスとして成膜される酸化窒化珪素膜701aを10～200nm（好ましくは50～100nm）形成する。本実施例では、膜厚50nmの酸化窒化珪素膜701a（組成比 $\text{Si}=32\%$ 、 $\text{O}=27\%$ 、 $\text{N}=24\%$ 、 $\text{H}=17\%$ ）を形成した。次いで、下地膜701の二層目としては、プラズマCVD法を用い、 SiH_4 、及び N_2O を反応ガスとして成膜される酸化窒化珪素膜701bを50～200nm（好ましくは100～150nm）の厚さに積層形成する。本実施例では、膜厚100nmの酸化窒化珪素膜701b（組成比 $\text{Si}=32\%$ 、 $\text{O}=59\%$ 、 $\text{N}=7\%$ 、 $\text{H}=2\%$ ）を形成した。

【0058】

次いで、下地膜上に半導体膜702を形成する。半導体膜702は、非晶質構造を有する半導体膜をスパッタ法、LPCVD法、またはプラズマCVD法等により、25～80nmの厚さで形成する。半導体膜の材料に限定はないが、好ましくは珪素または珪素ゲルマニウム（ SiGe ）合金などで形成すると良い。続いて、レーザ結晶化法を行なって得られた結晶質半導体膜を所望の形状にパターニングして、半導体層802～806を形成する。もちろん、レーザ結晶化法だ

けでなく、他の結晶化処理（RTAやファーネスアニール炉等を利用した熱結晶化法、ニッケルなどの触媒を用いた熱結晶化法等）と組み合わせて行なってもよい。

【0059】

レーザ結晶化法で結晶質半導体膜を作製するには、本発明の光学系を有するレーザ照射装置を用いる。レーザビームは光学系で線状（矩形状または楕円状）に集光し半導体膜に照射するとよい。なお、結晶化の条件は実施者が適宜選択する。

【0060】

本実施例では、プラズマCVD法を用い、66nmの非晶質珪素膜を成膜する。そして、本発明が示す、例えばパルス発振のYAGレーザの基本波とエキシマレーザを用いたレーザ結晶化法により結晶質珪素膜を形成する。そして、この結晶質珪素膜をもとに、フォトリソグラフィ法を用いたパターンニング処理によって、半導体層802～806を形成する。

【0061】

半導体層802～806を形成した後、TFETのしきい値を制御するために微量な不純物元素（ボロンまたはリン）のドーピングを行なってもよい。

【0062】

次いで、半導体層802～806を覆うゲート絶縁膜807を形成する。ゲート絶縁膜807はプラズマCVD法またはスパッタ法を用い、厚さを40～150nmとして珪素を含む絶縁膜で形成する。本実施例では、プラズマCVD法により110nmの厚さで酸化窒化珪素膜（組成比Si=32%、O=59%、N=7%、H=2%）で形成した。もちろん、ゲート絶縁膜は酸化窒化珪素膜に限定されるものでなく、他の珪素を含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【0063】

また、酸化珪素膜を用いる場合には、プラズマCVD法でTEOS（Tetraethyl Orthosilicate）とO₂とを混合し、反応圧力40Pa、基板温度300～400℃とし、高周波（13.56MHz）電力密度0.5～0.8W/cm²で放電させて形

成することができる。このようにして作製される酸化珪素膜は、その後400～500℃の熱アニールによりゲート絶縁膜として良好な特性を得ることができる。

【0064】

次いで、図5（B）に示すように、ゲート絶縁膜807上に膜厚20～100 nmの第1の導電膜808と、膜厚100～400 nmの第2の導電膜809とを積層形成する。本実施例では、膜厚30 nmのTa₂N₅膜からなる第1の導電膜808と、膜厚370 nmのW膜からなる第2の導電膜809を積層形成した。Ta₂N₅膜はスパッタ法で形成し、Taのターゲットを用い、窒素を含む雰囲気内でスパッタした。また、W膜は、Wのターゲットを用いたスパッタ法で形成した。その他に6フッ化タングステン（WF₆）を用いる熱CVD法で形成することもできる。いずれにしてもゲート電極として使用するためには低抵抗化を図る必要があり、W膜の抵抗率は20 $\mu\Omega\text{cm}$ 以下にすることが望ましい。W膜は結晶粒を大きくすることで低抵抗率化を図ることができるが、W膜中に酸素などの不純物元素が多い場合には結晶化が阻害され高抵抗化する。従って、本実施例では、高純度のW（純度99.9999%）のターゲットを用いたスパッタ法で、さらに成膜時に気相中からの不純物の混入がないように十分配慮してW膜を形成することにより、抵抗率9～20 $\mu\Omega\text{cm}$ を実現することができた。

【0065】

なお、本実施例では、第1の導電膜808をTa₂N₅、第2の導電膜809をWとしたが、特に限定されず、いずれもTa、W、Ti、Mo、Al、Cu、Cr、Ndから選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で形成してもよい。また、リン等の不純物元素をドーピングした結晶質珪素膜に代表される半導体膜を用いてもよい。また、AgPdCu合金を用いてもよい。また、第1の導電膜をタンタル（Ta）膜で形成し、第2の導電膜をW膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化チタン（TiN）膜で形成し、第2の導電膜をW膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル（Ta₂N₅）膜で形成し、第2の導電膜をAl膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル（Ta₂N₅）膜で形成し、第2の導電膜をCu膜とする組み合わせとしてもよい。

【0066】

次に、フォトリソグラフィ法を用いてレジストからなるマスク 810～815 を形成し、電極及び配線を形成するための第1のエッチング処理を行なう。第1のエッチング処理では第1及び第2のエッチング条件で行なう。本実施例では第1のエッチング条件として、ICP（Inductively Coupled Plasma：誘導結合型プラズマ）エッチング法を用い、エッチング用ガスに CF_4 と Cl_2 と O_2 とを用い、それぞれのガス流量比を25/25/10（sccm）とし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF（13.56MHz）電力を投入してプラズマを生成してエッチングを行った。ここでは、松下電器産業（株）製のICPを用いたドライエッチング装置（Model E645-□ICP）を用いた。基板側（試料ステージ）にも150WのRF（13.56MHz）電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。この第1のエッチング条件によりW膜をエッチングして第1の導電層の端部をテーパ形状とする。

【0067】

この後、レジストからなるマスク 810～815 を除去せずに第2のエッチング条件に変え、エッチング用ガスに CF_4 と Cl_2 とを用い、それぞれのガス流量比を30/30（sccm）とし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF（13.56MHz）電力を投入してプラズマを生成して約30秒程度のエッチングを行った。基板側（試料ステージ）にも20WのRF（13.56MHz）電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。 CF_4 と Cl_2 を混合した第2のエッチング条件ではW膜及びTa₂N膜とも同程度にエッチングされる。なお、ゲート絶縁膜上に残渣を残すことなくエッチングするためには、10～20%程度の割合でエッチング時間を増加させると良い。

【0068】

上記第1のエッチング処理では、レジストからなるマスクの形状を適したものとするにより、基板側に印加するバイアス電圧の効果により第1の導電層及び第2の導電層の端部がテーパ形状となる。このテーパ部の角度は15～45°となる。こうして、第1のエッチング処理により第1の導電層と第2の導電層から成る第1の形状の導電層 817～822（第1の導電層 817a～822

aと第2の導電層817b～822b)を形成する。816はゲート絶縁膜であり、第1の形状の導電層817～822で覆われない領域は20～50nm程度エッチングされ薄くなった領域が形成される。

【0069】

そして、レジストからなるマスクを除去せずに第1のドーピング処理を行い、半導体層にn型を付与する不純物元素を添加する。(図6(A))ドーピング処理はイオンドーピング法、若しくはイオン注入法で行なえば良い。イオンドーピング法の条件はドーズ量を $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ とし、加速電圧を60～100keVとして行なう。本実施例ではドーズ量を $1.5 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ とし、加速電圧を80keVとして行った。n型を付与する不純物元素として15族に属する元素、典型的にはリン(P)または砒素(As)を用いるが、ここではリン(P)を用いた。この場合、導電層817～821がn型を付与する不純物元素に対するマスクとなり、自己整合的に第1の高濃度不純物領域706～710が形成される。第1の高濃度不純物領域706～710には $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ の濃度範囲でn型を付与する不純物元素を添加する。

【0070】

次いで、レジストからなるマスクを除去せずに第2のエッチング処理を行なう。ここでは、エッチングガスに CF_4 と Cl_2 と O_2 とを用い、W膜を選択的にエッチングする。この時、第2のエッチング処理により第2の導電層828b～833bを形成する。一方、第1の導電層817a～822aは、ほとんどエッチングされず、第2の形状の導電層828～833を形成する。

【0071】

次いで、レジストからなるマスクを除去せずに、図6(B)に示すように、第2のドーピング処理を行なう。この場合、第1のドーピング処理よりもドーズ量を下げて、70～120keVの高い加速電圧で、n型を付与する不純物元素を導入する。本実施例ではドーズ量を $1.5 \times 10^{14} / \text{cm}^2$ とし、加速電圧を90keVとして行なった。第2のドーピング処理は第2の形状の導電層828～833をマスクとして用い、第2の導電層828b～833bの下方における半導体層にも不純物元素が導入され、新たに第2の高濃度不純物領域823a～8

27a および低濃度不純物領域 823b ~ 827b が形成される。

【0072】

次いで、レジストからなるマスクを除去した後、新たにレジストからなるマスク 834a および 834b を形成して、図 6 (C) に示すように、第 3 のエッチング処理を行なう。エッチング用ガスに SF_6 および Cl_2 とを用い、ガス流量比を 50/10 (sccm) とし、1.3Pa の圧力でコイル型の電極に 500W の RF (13.56MHz) 電力を投入してプラズマを生成し、約 30 秒のエッチング処理を行なう。基板側 (資料ステージ) には 10W の RF (13.56MHz) 電力を投入し、実質的には不の自己バイアス電圧を印加する。こうして、前記第 3 のエッチング処理により、p チャネル型 TFT および画素部の TFT (画素 TFT) の TaN 膜をエッチングして、第 3 の形状の導電層 835 ~ 838 を形成する。

【0073】

次いで、レジストからなるマスクを除去した後、第 2 の形状の導電層 828、830 および第 2 の形状の導電層 835 ~ 838 をマスクとして用い、ゲート絶縁膜 816 を選択的に除去して絶縁層 839 ~ 844 を形成する。(図 7 (A))

【0074】

次いで、新たにレジストからなるマスク 845a ~ 845c を形成して第 3 のドーピング処理を行なう。この第 3 のドーピング処理により、p チャネル型 TFT の活性層となる半導体層に前記一導電型とは逆の導電型を付与する不純物元素が添加された不純物領域 846、847 を形成する。第 2 の導電層 835a、838a を不純物元素に対するマスクとして用い、p 型を付与する不純物元素を添加して自己整合的に不純物領域を形成する。本実施例では、不純物領域 846、847 はジボラン (B_2H_6) を用いたイオンドープ法で形成する。(図 7 (B)) この第 3 のドーピング処理の際には、n チャネル型 TFT を形成する半導体層はレジストからなるマスク 845a ~ 845c で覆われている。第 1 のドーピング処理及び第 2 のドーピング処理によって、不純物領域 846、847 にはそれぞれ異なる濃度でリンが添加されているが、そのいずれの領域においても p 型を

付与する不純物元素の濃度を $2 \times 10^{20} \sim 2 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ となるようにドーピング処理することにより、pチャネル型TFETのソース領域およびドレイン領域として機能するために何ら問題は生じない。本実施例では、pチャネル型TFETの活性層となる半導体層の一部が露呈しているため、不純物元素（ボロン）を添加しやすい利点を有している。

【0075】

以上までの工程で、それぞれの半導体層に不純物領域が形成される。

【0076】

次いで、レジストからなるマスク845a～845cを除去して第1の層間絶縁膜41を形成する。この第1の層間絶縁膜861としては、プラズマCVD法またはスパッタ法を用い、厚さを100～200nmとして珪素を含む絶縁膜で形成する。本実施例では、プラズマCVD法により膜厚150nmの酸化窒化珪素膜を形成した。もちろん、第1の層間絶縁膜861は酸化窒化珪素膜に限定されるものでなく、他の珪素を含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【0077】

次いで、図7(C)に示すように、加熱処理を行なって、半導体層の結晶性の回復、それぞれの半導体層に添加された不純物元素の活性化を行なう。この加熱処理はファーンেসアニール炉を用いる熱アニール法で行なう。熱アニール法としては、酸素濃度が1ppm以下、好ましくは0.1ppm以下の窒素雰囲気中で400～700℃、代表的には500～550℃で行なえばよく、本実施例では550℃、4時間の熱処理で活性化処理を行った。なお、熱アニール法の他に、レーザアニール法、またはラピッドサーマルアニール法（RTA法）を適用することができる。レーザアニール法については発明実施の形態で示した方法を採用してもよいが、与えるエネルギー密度によっては、ゲートなどがアブレーションなどを起こす場合もあるため、条件には注意する必要がある。

【0078】

また、第1の層間絶縁膜を形成する前に加熱処理を行なっても良い。ただし、用いた配線材料が熱に弱い場合には、本実施例のように配線等を保護するため層

間絶縁膜（珪素を主成分とする絶縁膜、例えば窒化珪素膜）を形成した後で活性化処理を行なうことが好ましい。

【0079】

さらに、3～100%の水素を含む雰囲気中で、300～550℃で1～12時間の熱処理を行ない、半導体層を水素化する工程を行なう。本実施例では水素を約3%の含む窒素雰囲気中で410℃、1時間の熱処理を行った。この工程は層間絶縁膜に含まれる水素により半導体層のダングリングボンドを終端する工程である。水素化の他の手段として、プラズマ水素化（プラズマにより励起された水素を用いる）を行なっても良い。

【0080】

また、活性化処理として従来のレーザアニール法を用いる場合には、上記水素化を行った後、エキシマレーザやYAGレーザ等のレーザビームを照射することが望ましい。

【0081】

次いで、第1の層間絶縁膜861上に無機絶縁膜材料または有機絶縁物材料から成る第2の層間絶縁膜862を形成する。本実施例では、膜厚1.6μmのアクリル樹脂膜を形成したが、粘度が10～1000cp、好ましくは40～200cpのものをを用い、表面に凸凹が形成されるものを用いた。

【0082】

本実施例では、鏡面反射を防ぐため、表面に凸凹が形成される第2の層間絶縁膜を形成することによって画素電極の表面に凸凹を形成した。また、画素電極の表面に凹凸を持たせて光散乱性を図るため、画素電極の下方の領域に凸部を形成してもよい。その場合、凸部の形成は、TF Tの形成と同じフォトマスクで行なうことができるため、工程数の増加なく形成することができる。なお、この凸部は配線及びTF T部以外の画素部領域の基板上に適宜設ければよい。こうして、凸部を覆う絶縁膜の表面に形成された凸凹に沿って画素電極の表面に凸凹が形成される。

【0083】

また、第2の層間絶縁膜862として表面が平坦化する膜を用いてもよい。そ

の場合は、画素電極を形成した後、サンドブラスト法やエッチング法等の工程を追加して表面を凹凸化させて、鏡面反射を防ぎ、反射光を散乱させることによって白色度を増加させることが好ましい。

【0084】

そして、駆動回路906において、各不純物領域とそれぞれ電氣的に接続する配線863～867を形成する。なお、これらの配線は、膜厚50nmのTi膜と、膜厚500nmの合金膜（AlとTiとの合金膜）との積層膜をパターンニングして形成する。

【0085】

また、画素部907においては、画素電極870、ゲート配線869、接続電極868を形成する。（図8）この接続電極868によりソース配線（843bと849の積層）は、画素TF Tと電氣的な接続が形成される。また、ゲート配線869は、画素TF Tのゲート電極と電氣的な接続が形成される。また、画素電極870は、画素TF Tのドレイン領域842と電氣的な接続が形成され、さらに保持容量を形成する一方の電極として機能する半導体層858と電氣的な接続が形成される。また、画素電極870としては、AlまたはAgを主成分とする膜、またはそれらの積層膜等の反射性が優れた材料を用いることが望ましい。

【0086】

以上の様にして、nチャネル型TF T901とpチャネル型TF T902からなるCMOS回路、及びnチャネル型TF T903を有する駆動回路906と、画素TF T904、保持容量505とを有する画素部907を同一基板上に形成することができる。こうして、アクティブマトリクス基板が完成する。

【0087】

駆動回路906のnチャネル型TF T901はチャネル形成領域823c、ゲート電極の一部を構成する第1の導電層828aと重なる低濃度不純物領域823b（GOLD領域）、とソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域823aを有している。このnチャネル型TF T901と電極866で接続してCMOS回路を形成するpチャネル型TF T902にはチャネル形成領域846d、ゲート電極の外側に形成される不純物領域846b、846c、

ソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域 846a を有している。また、nチャネル型 TFT903 にはチャネル形成領域 825c、ゲート電極の一部を構成する第 1 の導電層 830a と重なる低濃度不純物領域 825b (GOLD 領域)、とソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域 825a を有している。

【0088】

画素部の画素 TFT904 にはチャネル形成領域 826c、ゲート電極の外側に形成される低濃度不純物領域 826b (LDD 領域) とソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域 826a を有している。また、保持容量 905 の一方の電極として機能する半導体層 847a、847b には、それぞれ p 型を付与する不純物元素が添加されている。保持容量 905 は、絶縁膜 844 を誘電体として、電極 (838a と 838b の積層) と、半導体層 847a ~ 847c とで形成している。

【0089】

また、本実施例の画素構造は、ブラックマトリクスを用いることなく、画素電極間の隙間が遮光されるように、画素電極の端部をソース配線と重なるように配置形成する。

【0090】

また、本実施例で作製するアクティブマトリクス基板の画素部の上面図を図 9 に示す。なお、図 5 ~ 図 8 に対応する部分には同じ符号を用いている。図 8 中の鎖線 A-A' は図 9 中の鎖線 A-A' で切断した断面図に対応している。また、図 8 中の鎖線 B-B' は図 9 中の鎖線 B-B' で切断した断面図に対応している。

【0091】

なお本実施例では、実施の形態 1 及び 2 のいずれかのレーザ照射装置を用いることができる。

【0092】

(実施例 2)

本実施例では、実施例 1 で作製したアクティブマトリクス基板から、反射型液晶表示装置を作製する工程を以下に説明する。説明には図 10 を用いる。

【0093】

まず、実施例 1 に従い、図 8 の状態のアクティブマトリクス基板を得た後、図 8 のアクティブマトリクス基板上、少なくとも画素電極 870 上に配向膜 967 を形成しラビング処理を行なう。なお、本実施例では配向膜 967 を形成する前に、アクリル樹脂膜等の有機樹脂膜をパターンニングすることによって基板間隔を保持するための柱状のスペーサ 972 を所望の位置に形成した。また、柱状のスペーサに代えて、球状のスペーサを基板全面に散布してもよい。

【0094】

次いで、対向基板 969 を用意する。次いで、対向基板 969 上に着色層 9110971、平坦化膜 973 を形成する。赤色の着色層 970 と青色の着色層 972 とを重ねて、遮光部を形成する。また、赤色の着色層と緑色の着色層とを一部重ねて、遮光部を形成してもよい。

【0095】

本実施例では、実施例 1 に示す基板を用いている。従って、実施例 1 の画素部の上面図を示す図 9 では、少なくともゲート配線 869 と画素電極 870 の間隙と、ゲート配線 869 と接続電極 868 の間隙と、接続電極 868 と画素電極 870 の間隙を遮光する必要がある。本実施例では、それらの遮光すべき位置に着色層の積層からなる遮光部が重なるように各着色層を配置して、対向基板を貼り合わせた。

【0096】

このように、ブラックマスク等の遮光層を形成することなく、各画素間の隙間を着色層の積層からなる遮光部で遮光することによって工程数の低減を可能とした。

【0097】

次いで、平坦化膜 973 上に透明導電膜からなる対向電極 976 を少なくとも画素部に形成し、対向基板の全面に配向膜 974 を形成し、ラビング処理を施した。

【0098】

そして、画素部と駆動回路が形成されたアクティブマトリクス基板と対向基板

とをシール材 968 で貼り合わせる。シール材 968 にはフィラーが混入されていて、このフィラーと柱状スペーサによって均一な間隔を持って 2 枚の基板が貼り合わせられる。その後、両基板の間に液晶材料 975 を注入し、封止剤（図示せず）によって完全に封止する。液晶材料 975 には公知の液晶材料を用いれば良い。このようにして図 10 に示す反射型液晶表示装置が完成する。そして、必要があれば、アクティブマトリクス基板または対向基板を所望の形状に分断する。さらに、対向基板のみに偏光板（図示しない）を貼りつけた。そして、FPC を貼りつけた。

【0099】

以上のようにして作製される液晶表示パネルは各種電子機器の表示部として用いることができる。

【0100】

（実施例 3）

本実施例では、本発明を用いて発光装置を作製した例について説明する。本明細書において、発光装置とは、基板上に形成された発光素子を該基板とカバー材の間に封入した表示用パネルおよび該表示用パネルに IC を実装した表示用モジュールを総称したものである。なお、発光素子は、電場を加えることで発生するルミネッセンス（Electro Luminescence）が得られる有機化合物を含む層（発光層）と陽極層と、陰極層とを有する。また、有機化合物におけるルミネッセンスには、一重項励起状態から基底状態に戻る際の発光（蛍光）と三重項励起状態から基底状態に戻る際の発光（リン光）があり、これらのうちどちらか、あるいは両方の発光を含む。

【0101】

図 11 は本実施例の発光装置の断面図である。図 11 において、基板 1100 上に設けられたスイッチング TFT 1003 は図 8 の n チャネル型 TFT 1303 を用いて形成される。したがって、構造の説明は n チャネル型 TFT 1303 の説明を参照すれば良い。

【0102】

なお、本実施例ではチャネル形成領域が二つ形成されるダブルゲート構造とし

ているが、チャネル形成領域が一つ形成されるシングルゲート構造もしくは三つ形成されるトリプルゲート構造であっても良い。

【0103】

基板 1100 上に設けられた駆動回路は図 8 の CMOS 回路を用いて形成される。従って、構造の説明は n チャネル型 TFT 1301 と p チャネル型 TFT 1302 の説明を参照すれば良い。なお、本実施例ではシングルゲート構造としているが、ダブルゲート構造もしくはトリプルゲート構造であっても良い。

【0104】

また、配線 1101、1103 は CMOS 回路のソース配線、1102 はドレイン配線として機能する。また、配線 1104 はソース配線 1108 とスイッチング TFT のソース領域とを電氣的に接続する配線として機能し、配線 1105 はドレイン配線 1109 とスイッチング TFT のドレイン領域とを電氣的に接続する配線として機能する。

【0105】

なお、電流制御 TFT 1004 は図 8 の p チャネル型 TFT 1302 を用いて形成される。従って、構造の説明は p チャネル型 TFT 1302 の説明を参照すれば良い。なお、本実施例ではシングルゲート構造としているが、ダブルゲート構造もしくはトリプルゲート構造であっても良い。

【0106】

また、配線 1106 は電流制御 TFT のソース配線（電流供給線に相当する）であり、1107 は電流制御 TFT の画素電極 1110 上に重ねることで画素電極 1110 と電氣的に接続する電極である。

【0107】

なお、1110 は、透明導電膜からなる画素電極（発光素子の陽極）である。透明導電膜としては、酸化インジウムと酸化スズとの化合物、酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物、酸化亜鉛、酸化スズまたは酸化インジウムを用いることができる。また、前記透明導電膜にガリウムを添加したものを用いても良い。画素電極 1110 は、上記配線を形成する前に平坦な層間絶縁膜 1111 上に形成する。本実施例においては、樹脂からなる平坦化膜 1111 を用いて TFT による

段差を平坦化することは非常に重要である。後に形成される発光層は非常に薄い
ため、段差が存在することによって発光不良を起こす場合がある。従って、発光
層をできるだけ平坦面に形成しうるように画素電極を形成する前に平坦化してお
くことが望ましい。

【0108】

配線 1101～1107 を形成後、図 11 に示すようにバンク 1112 を形成
する。バンク 1112 は 100～400 nm の珪素を含む絶縁膜もしくは有機樹
脂膜をパターンニングして形成すれば良い。

【0109】

なお、バンク 1112 は絶縁膜であるため、成膜時における素子の静電破壊に
は注意が必要である。本実施例ではバンク 1112 の材料となる絶縁膜中にカー
ボン粒子や金属粒子を添加して抵抗率を下げ、静電気の発生を抑制する。この際
、抵抗率は $1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^{12} \Omega \text{m}$ (好ましくは $1 \times 10^8 \sim 1 \times 10^{10} \Omega \text{m}$
) となるようにカーボン粒子や金属粒子の添加量を調節すれば良い。

【0110】

画素電極 1110 の上には発光層 1113 が形成される。なお、図 11 では一
画素しか図示していないが、本実施例では R (赤)、G (緑)、B (青) の各色
に対応した発光層を作り分けている。また、本実施例では蒸着法により低分子系
有機発光材料を形成している。具体的には、正孔注入層として 20 nm 厚の銅フ
タロシアニン (CuPc) 膜を設け、その上に発光層として 70 nm 厚のトリス
ー 8 - キノリノラトアルミニウム錯体 (Alq3) 膜を設けた積層構造としてい
る。Alq3 にキナクリドン、ペリレンもしくは DCM1 といった蛍光色素を添
加することで発光色を制御することができる。

【0111】

但し、以上の例は発光層として用いることのできる有機発光材料の一例であっ
て、これに限定する必要はまったくない。発光層、電荷輸送層または電荷注入層
を自由に組み合わせて発光層 (発光及びそのためのキャリアの移動を行なわせる
ための層) を形成すれば良い。例えば、本実施例では低分子系有機発光材料を発
光層として用いる例を示したが、高分子系有機発光材料を用いても良い。また、

電荷輸送層や電荷注入層として炭化珪素等の無機材料を用いることも可能である。これらの有機発光材料や無機材料は公知の材料を用いることができる。

【0112】

次に、発光層 1113 の上には導電膜からなる陰極 1114 が設けられる。本実施例の場合、導電膜としてアルミニウムとリチウムとの合金膜を用いる。勿論、MgAg 膜（マグネシウムと銀との合金膜）を用いても良い。陰極材料としては、周期表の 1 族もしくは 2 族に属する元素からなる導電膜もしくはそれらの元素を添加した導電膜を用いれば良い。

【0113】

この陰極 1114 まで形成された時点で発光素子 1115 が完成する。なお、ここでいう発光素子 1115 は、画素電極（陽極）1110、発光層 1113 及び陰極 1114 で形成されたダイオードを指す。

【0114】

発光素子 1115 を完全に覆うようにしてパッシベーション膜 1116 を設けることは有効である。パッシベーション膜 1116 としては、炭素膜、窒化珪素膜もしくは窒化酸化珪素膜を含む絶縁膜からなり、該絶縁膜を単層もしくは組み合わせた積層で用いる。

【0115】

この際、カバレッジの良い膜をパッシベーション膜として用いることが好ましく、炭素膜、特に DLC（ダイヤモンドライクカーボン）膜を用いることは有効である。DLC 膜は室温から 100℃以下の温度範囲で成膜可能であるため、耐熱性の低い発光層 1113 の上方にも容易に成膜することができる。また、DLC 膜は酸素に対するブロッキング効果が高く、発光層 1113 の酸化を抑制することが可能である。そのため、この後に続く封止工程を行なう間に発光層 1113 が酸化するといった問題を防止できる。

【0116】

さらに、パッシベーション膜 1116 上に封止材 1117 を設け、カバー材 1118 を貼り合わせる。封止材 1117 としては紫外線硬化樹脂を用いれば良く、内部に吸湿効果を有する物質もしくは酸化防止効果を有する物質を設けること

は有効である。また、本実施例においてカバー材 1 1 1 8 はガラス基板や石英基板やプラスチック基板（プラスチックフィルムも含む）の両面に炭素膜（好ましくはダイヤモンドライクカーボン膜）を形成したものをを用いる。

【0 1 1 7】

こうして図 1 1 に示すような構造の発光装置が完成する。なお、バンク 1 1 1 2 を形成した後、パッシベーション膜 1 1 1 6 を形成するまでの工程をマルチチャンバー方式（またはインライン方式）の成膜装置を用いて、大気解放せずに連続的に処理することは有効である。また、さらに発展させてカバー材 1 1 1 8 を貼り合わせる工程までを大気解放せずに連続的に処理することも可能である。

【0 1 1 8】

こうして、プラスチック基板を母体とする絶縁体 1 3 0 1 上に n チャネル型 T F T 1 0 0 1、1 0 0 2、スイッチング T F T（n チャネル型 T F T）1 0 0 3 および電流制御 T F T（n チャネル型 T F T）1 0 0 4 が形成される。ここまでの製造工程で必要としたマスク数は、一般的なアクティブマトリクス型発光装置よりも少ない。

【0 1 1 9】

即ち、T F T の製造工程が大幅に簡略化されており、歩留まりの向上および製造コストの低減が実現できる。

【0 1 2 0】

さらに、図 1 1 を用いて説明したように、ゲート電極に絶縁膜を介して重なる不純物領域を設けることによりホットキャリア効果に起因する劣化に強い n チャネル型 T F T を形成することができる。そのため、信頼性の高い発光装置を実現できる。

【0 1 2 1】

また、本実施例では画素部と駆動回路の構成のみ示しているが、本実施例の製造工程に従えば、その他にも信号分割回路、D/A コンバータ、オペアンプ、 γ 補正回路などの論理回路を同一の絶縁体上に形成可能であり、さらにはメモリやマイクロプロセッサをも形成しうる。

【0 1 2 2】

さらに、発光素子を保護するための封止（または封入）工程まで行った後の本実施例の発光装置について図 12 を用いて説明する。なお、必要に応じて図 11 で用いた符号を引用する。

【0123】

図 12（A）は、発光素子の封止までを行った状態を示す上面図、図 12（B）は図 12（A）を C-C' で切断した断面図である。点線で示された 1215 はソース側駆動回路、1216 は画素部、1217 はゲート側駆動回路である。また、1301 はカバー材、1302 は第 1 シール材、1303 は第 2 シール材であり、第 1 シール材 1302 で囲まれた内側には封止材 1307 が設けられる。

【0124】

なお、1304 はソース側駆動回路 1215 及びゲート側駆動回路 1217 に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となる FPC（フレキシブルプリントサーキット）1305 からビデオ信号やクロック信号を受け取る。なお、ここでは FPC しか図示されていないが、この FPC にはプリント配線基盤（PWB）が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それに FPC もしくは PWB が取り付けられた状態をも含むものとする。

【0125】

次に、断面構造について図 12（B）を用いて説明する。基板 1100 の上方には画素部 1216、ゲート側駆動回路 1217 が形成されており、画素部 1216 は電流制御 TFT 1004 とそのドレインに電氣的に接続された画素電極 1110 を含む複数の画素により形成される。また、ゲート側駆動回路 1217 は n チャネル型 TFT 1001 と p チャネル型 TFT 1002 とを組み合わせた CMOS 回路（図 5 参照）を用いて形成される。

【0126】

画素電極 1110 は発光素子の陽極として機能する。また、画素電極 1110 の両端にはバンク 1112 が形成され、画素電極 1110 上には発光層 1113 および発光素子の陰極 1114 が形成される。

【0127】

陰極 1114 は全画素に共通の配線としても機能し、接続配線 1304 を經由して FPC 1305 に電氣的に接続されている。さらに、画素部 1216 及びゲート側駆動回路 1217 に含まれる素子は全て陰極 1114 およびパッシベーション膜 967 で覆われている。

【0128】

また、第 1 シール材 1302 によりカバー材 1301 が貼り合わされている。なお、カバー材 1301 と発光素子との間隔を確保するために樹脂膜からなるスペーサを設けても良い。そして、第 1 シール材 1302 の内側には封止材 1307 が充填されている。なお、第 1 シール材 1302、封止材 1307 としてはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、第 1 シール材 1302 はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。さらに、封止材 1307 の内部に吸湿効果をもつ物質や酸化防止効果をもつ物質を含有させても良い。

【0129】

発光素子を覆うようにして設けられた封止材 1307 はカバー材 1301 を接着するための接着剤としても機能する。また、本実施例ではカバー材 1301 を構成するプラスチック基板 1301a の材料として FRP (Fiberglass-Reinforced Plastics)、PVF (ポリビニルフロライド)、マイラー、ポリエステルまたはアクリルを用いることができる。

【0130】

また、封止材 1307 を用いてカバー材 1301 を接着した後、封止材 1307 の側面 (露呈面) を覆うように第 2 シール材 1303 を設ける。第 2 シール材 1303 は第 1 シール材 1302 と同じ材料を用いることができる。

【0131】

以上のような構造で発光素子を封止材 1307 に封入することにより、発光素子を外部から完全に遮断することができ、外部から水分や酸素等の発光層の酸化による劣化を促す物質が侵入することを防ぐことができる。従って、信頼性の高い発光装置が得られる。

【0132】

(実施例 4)

本実施例では、本発明の TFT 回路によるアクティブマトリクス型表示装置を組み込んだ半導体装置について図 13、図 14、図 15 で説明する。

【0133】

このような半導体装置には、携帯情報端末（電子手帳、モバイルコンピュータ、携帯電話等）、ビデオカメラ、スチルカメラ、パーソナルコンピュータ、テレビ等が挙げられる。それらの一例を図 13 と図 14 に示す。

【0134】

図 13 (A) は携帯電話であり、本体 9001、音声出力部 9002、音声入力部 9003、表示装置 9004、操作スイッチ 9005、アンテナ 9006 から構成されている。本願発明は音声出力部 9002、音声入力部 9003、及びアクティブマトリクス基板を備えた表示装置 9004 に適用することができる。

【0135】

図 13 (B) はビデオカメラであり、本体 9101、表示装置 9102、音声入力部 9103、操作スイッチ 9104、バッテリー 9105、受像部 9106 から成っている。本願発明は音声入力部 9103、及びアクティブマトリクス基板を備えた表示装置 9102、受像部 9106 に適用することができる。

【0136】

図 13 (C) はモバイルコンピュータ或いは携帯型情報端末であり、本体 9201、カメラ部 9202、受像部 9203、操作スイッチ 9204、表示装置 9205 で構成されている。本願発明は受像部 9203、及びアクティブマトリクス基板を備えた表示装置 9205 に適用することができる。

【0137】

図 13 (D) はゴーグル型ディスプレイであり、本体 9301、表示装置 9302、アーム部 9303 で構成される。本願発明は表示装置 9302 に適用することができる。また、表示されていないが、その他の信号制御用回路に使用することもできる。

【0138】

図 13 (E) は携帯書籍であり、本体 9501、表示装置 9502、9503、

記憶媒体 9504、操作スイッチ 9505、アンテナ 9506 から構成されており、ミニディスク (MD) や DVD に記憶されたデータや、アンテナで受信したデータを表示するものである。表示装置 9502、9503 は直視型の表示装置であり、本発明はこの適用することができる。

【0139】

図 14 (A) はプログラムを記録した記録媒体 (以下、記録媒体と呼ぶ) を用いるプレイヤーであり、本体 9701、表示装置 9702、スピーカ部 9703、記録媒体 9704、操作スイッチ 9705 で構成される。なお、この装置は記録媒体として DVD (Digital Versatile Disc)、CD 等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネットを行なうことができる。

【0140】

図 14 (B) はテレビであり本体 3101、支持台 3102、表示部 3103 で構成される。

【0141】

図 14 (C) はパーソナルコンピュータであり、本体 9601、画像入力部 9602、表示装置 9603、キーボード 9604 で構成される。

【0142】

図 15 (A) はフロント型プロジェクターであり、表示装置 3601、スクリーン 3602 で構成される。本発明は表示装置やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0143】

図 15 (B) はリア型プロジェクターであり、本体 3701、投射装置 3702、ミラー 3703、スクリーン 3704 で構成される。本発明は表示装置やその他の信号制御回路に適用することができる。

【0144】

なお、図 15 (C) は、図 15 (A) 及び図 15 (B) 中における投射装置 3601、3702 の構造の一例を示した図である。投射装置 3601、3702 は、光源光学系 3801、ミラー 3802、3804~3806、ダイクロイッ

クミラー 3803、プリズム 3807、液晶表示装置 3808、位相差板 3809、投射光学系 3810 で構成される。投射光学系 3810 は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図 15 (C) 中において矢印で示した光路に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、IR フィルム等の光学系を設けてもよい。

【0145】

また、図 15 (D) は、図 15 (C) 中における光源光学系 3801 の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系 3801 は、リフレクター 3811、光源 3812、レンズアレイ 3813、3814、偏光変換素子 3815、集光レンズ 3816 で構成される。なお、図 15 (D) に示した光源光学系は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、IR フィルム等の光学系を設けてもよい。

【0146】

また、本発明はその他にも、発光型表示素子に適用することも可能である。このように、本願発明の適用範囲はきわめて広く、あらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。また、本実施例の電子機器は実施例 1 乃至 3 と自由に組み合わせることが可能である。

【0147】

【発明の効果】

本発明は、照射面である半導体膜に、可視光以下である波長のパルス発振のレーザと同期させ、波長 $1\ \mu\text{m}$ 程度のパルス発振の基本波を補助的に照射する。上記の方法により大面積を溶かされた半導体薄膜に基本波がよく吸収され、半導体膜の溶融時間をコントロールすることができる。また、半導体膜表面のリッジ形成を従来と比べて著しく低減することが可能となる。そのため、半導体膜上に形成される膜の被膜性は向上し、移動度に代表される電気的特性が非常に良好である TFT の形成が可能となる。また、高精細のアクティブマトリクス型の液晶表示装置や発光装置に代表される半導体装置を作製することが可能となる。そして

、このような半導体装置の動作特性や信頼性を向上することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明が特徴とするレーザ発振器のレーザ出力の時間変化を説明する図。

【図 2】 発明の実施の形態 1 を説明する図。

【図 3】 発明の実施の形態 2 を説明する図。

【図 4】 レーザビームを半導体膜全面に照射する方法の例を示す図。

【図 5】 TFTの作製工程を説明する図。

【図 6】 TFTの作製工程を説明する図。

【図 7】 TFTの作製工程を説明する図。

【図 8】 TFTの作製工程を説明する図。

【図 9】 TFTの画素部上面図。

【図 1 0】 アクティブマトリクス型液晶表示装置の作製工程を示す断面図。

【図 1 1】 発光装置の駆動回路及び画素部の断面構造図

【図 1 2】 発光装置の駆動回路及び画素部を示す図。

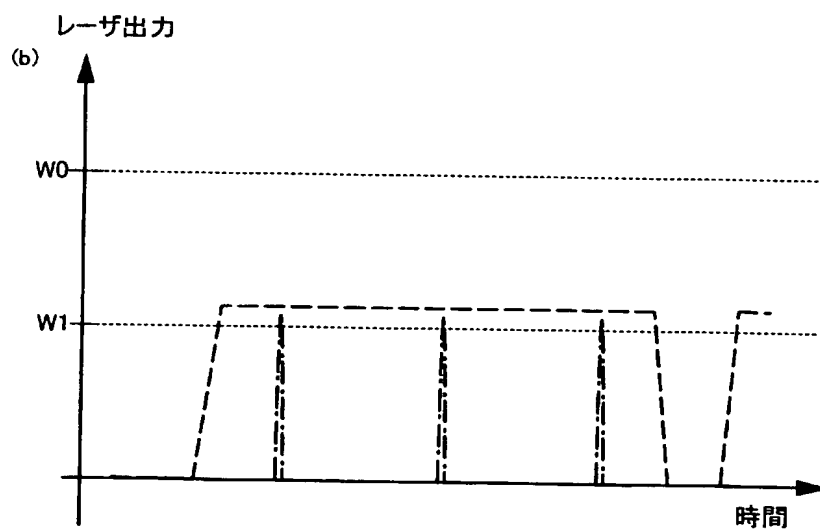
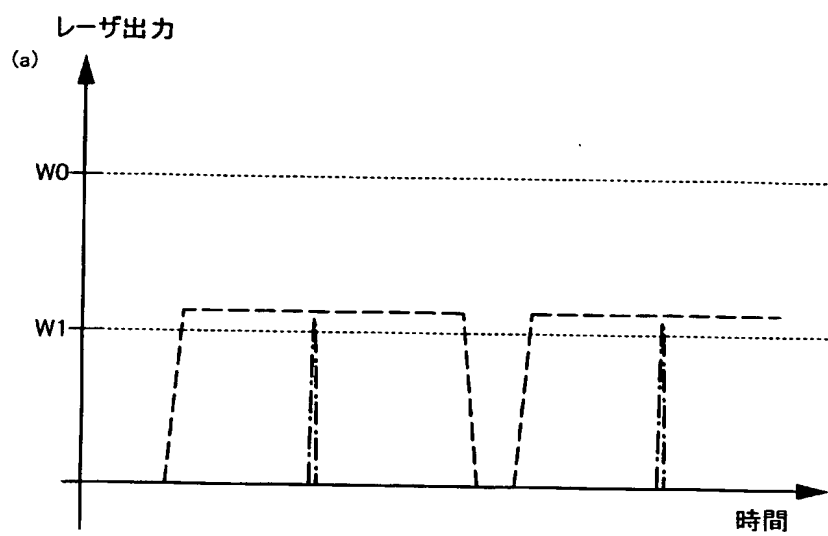
【図 1 3】 半導体装置の例を示す図。

【図 1 4】 半導体装置の例を示す図。

【図 1 5】 半導体装置の例を示す図。

【書類名】 図面

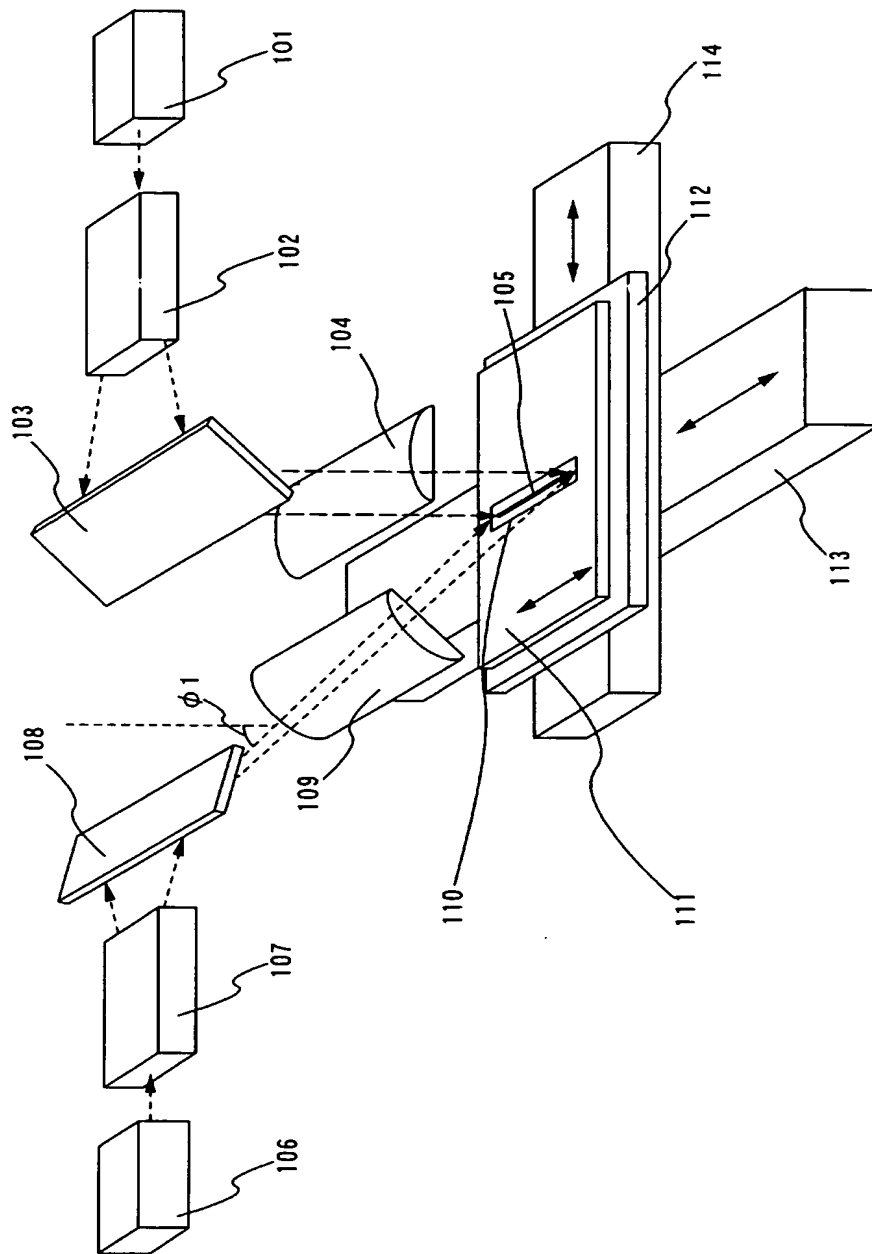
【図 1】



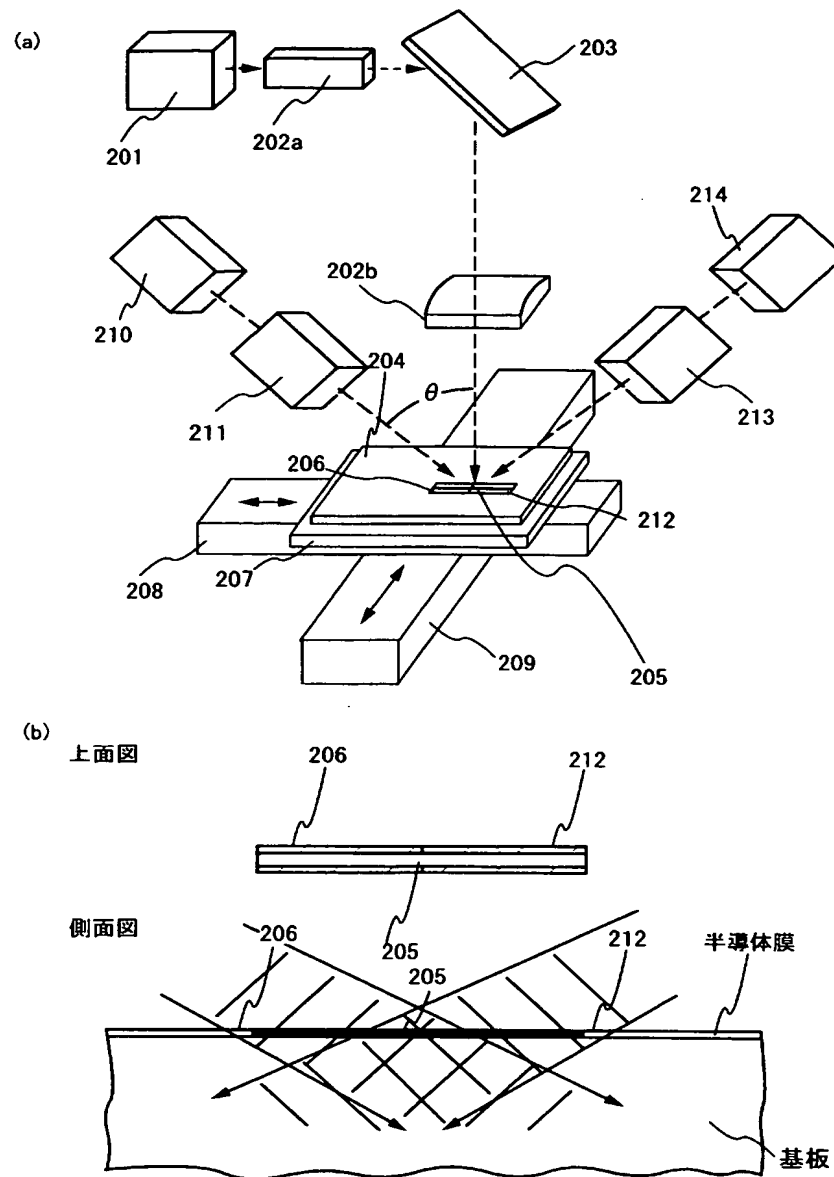
----- 第1のパルスレーザ

----- 第2のパルスレーザ

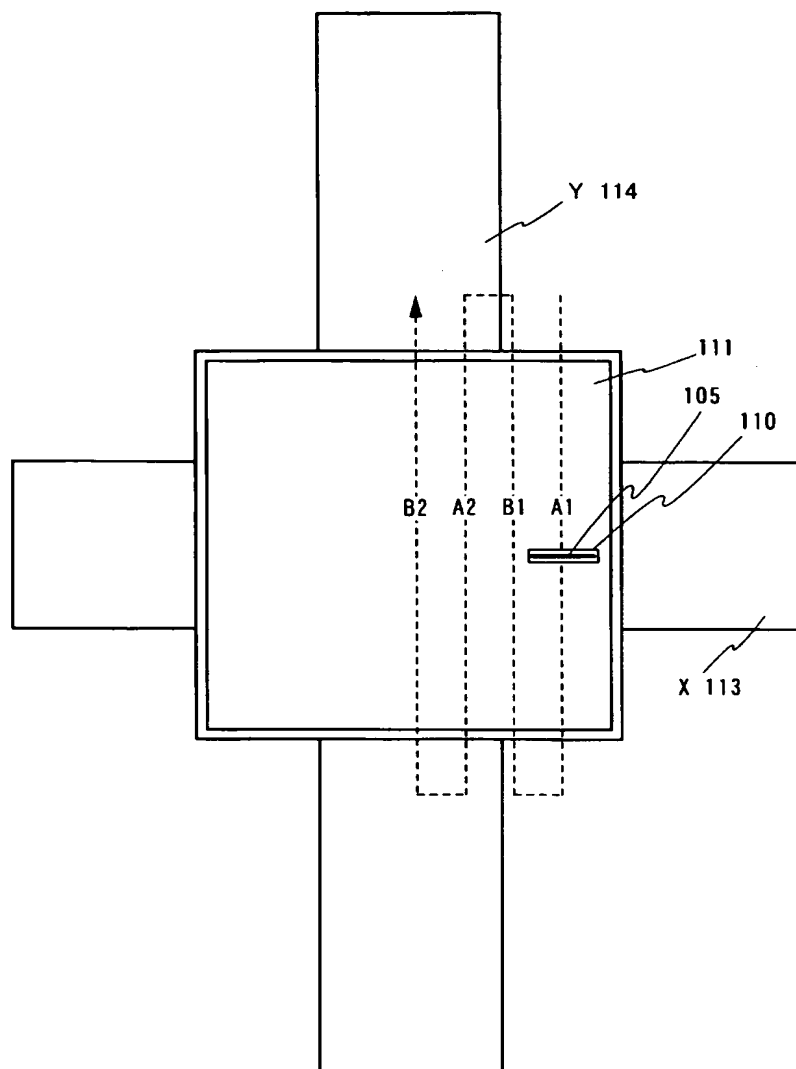
【図 2】



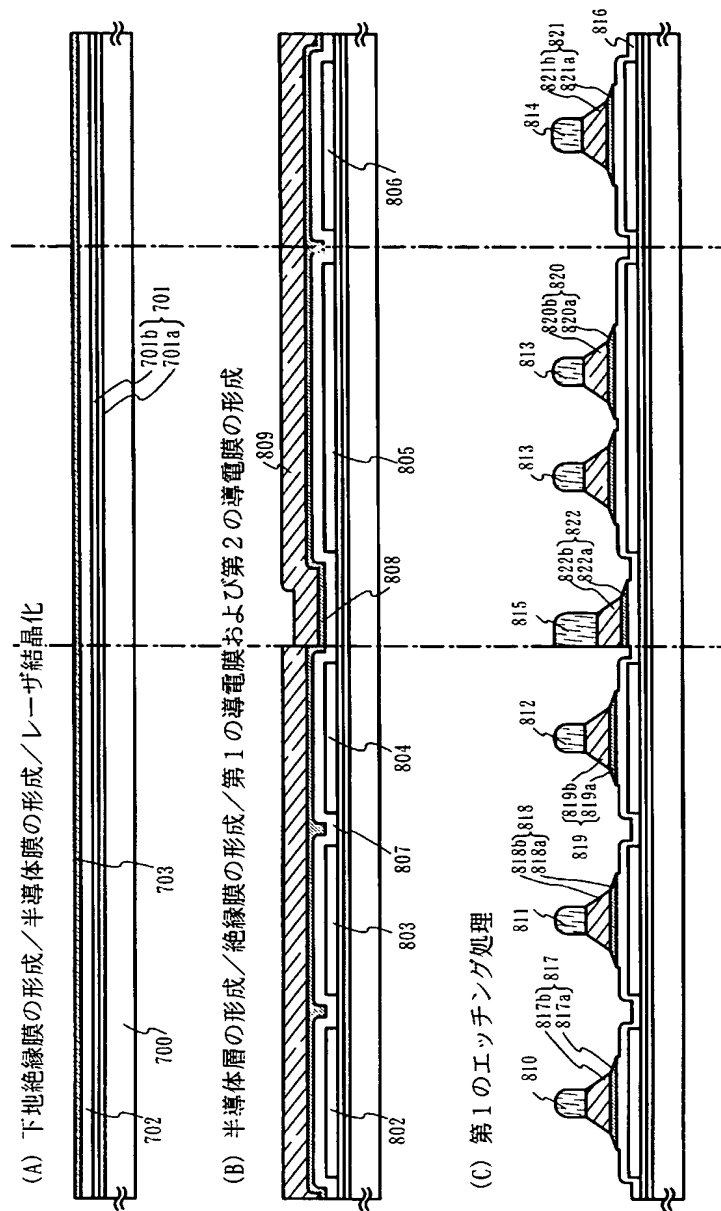
【図 3】



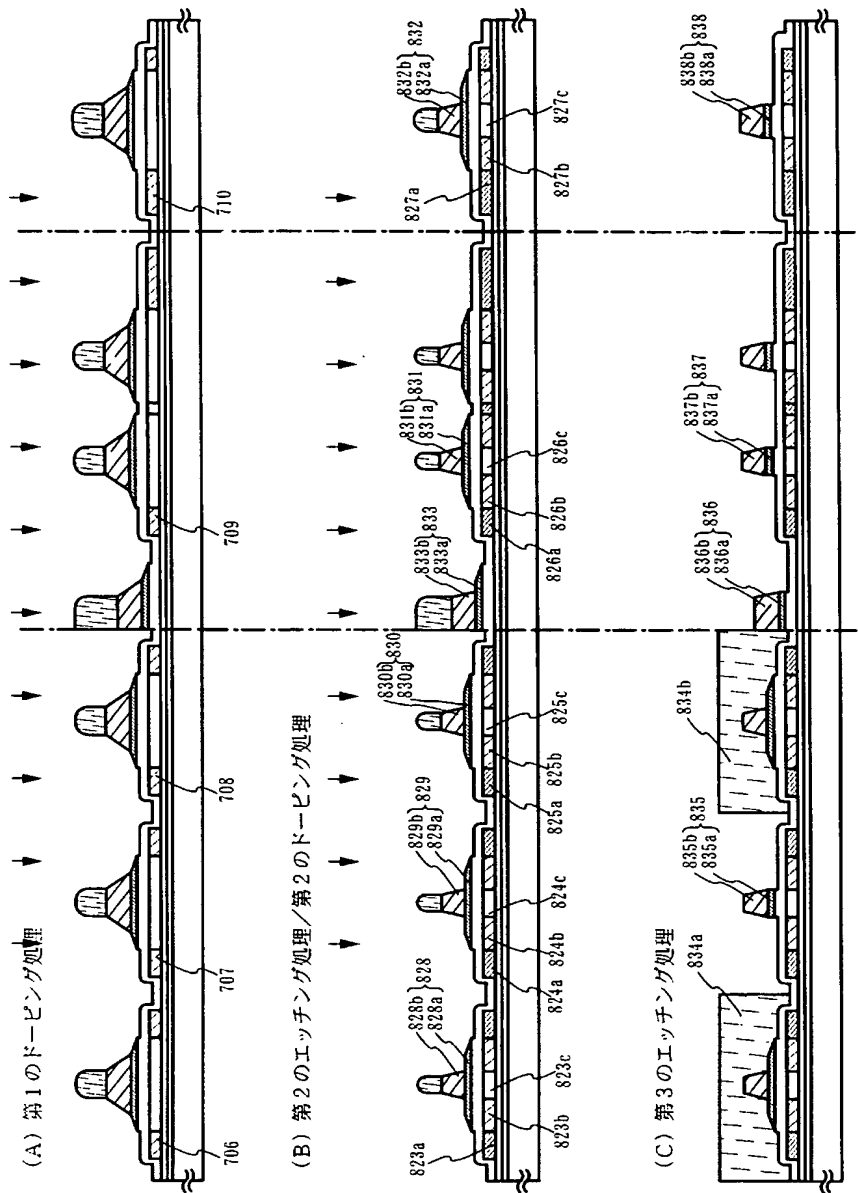
【図 4】



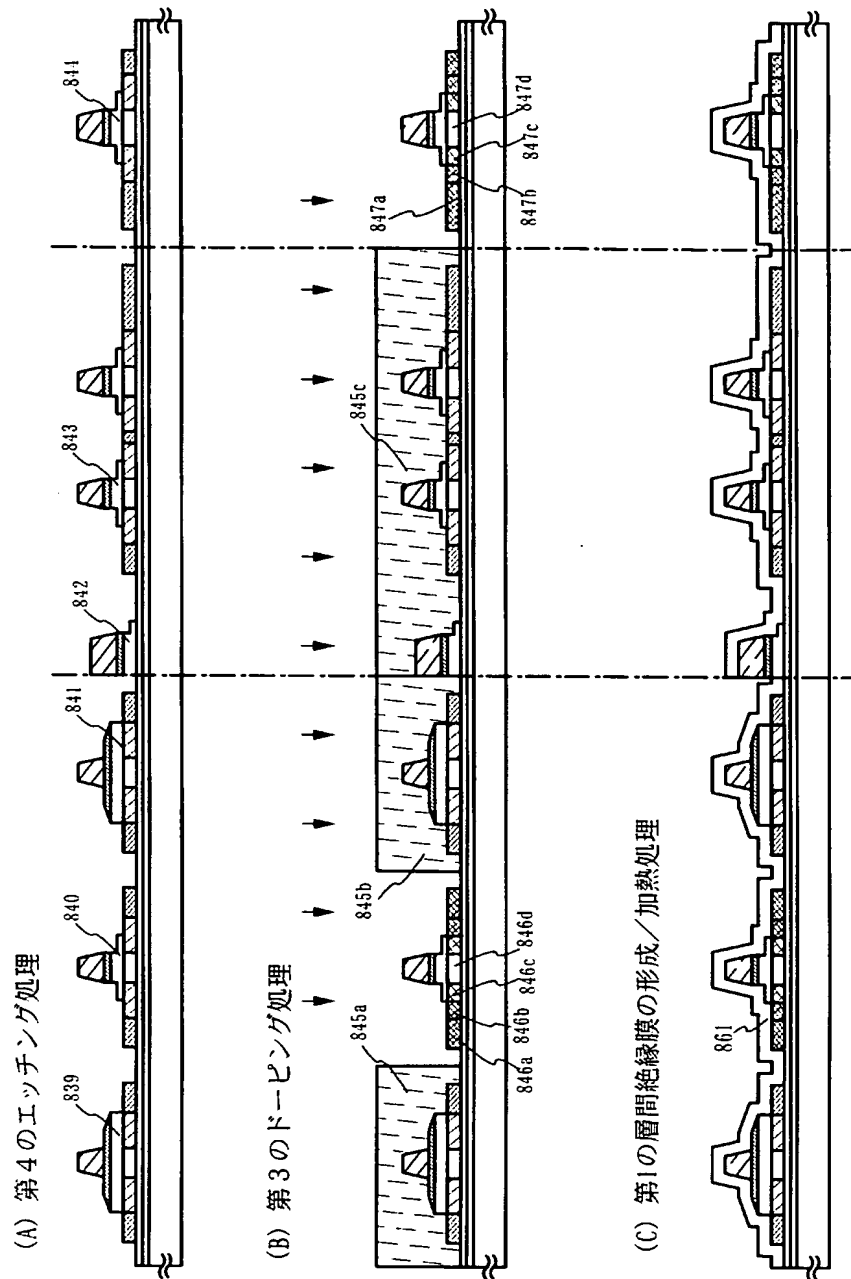
【図 5】



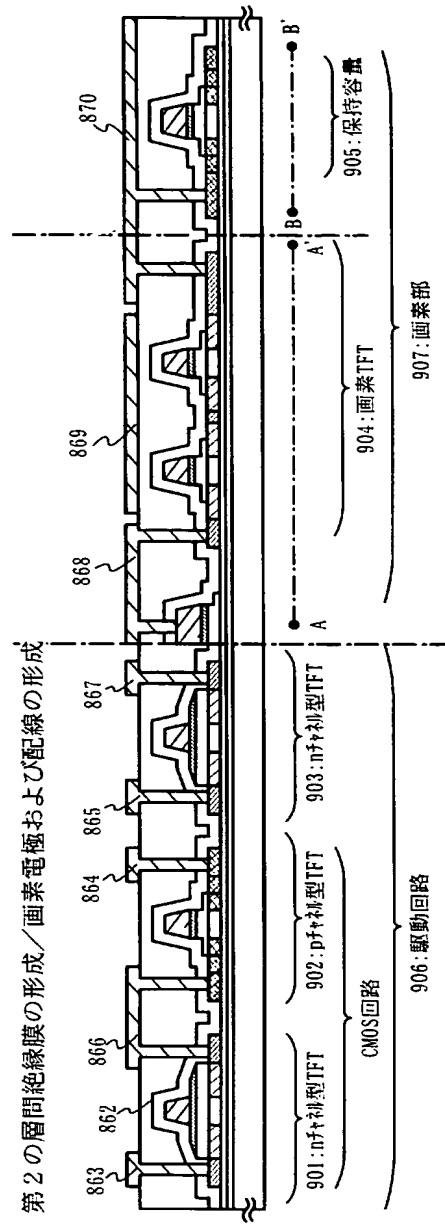
【図 6】



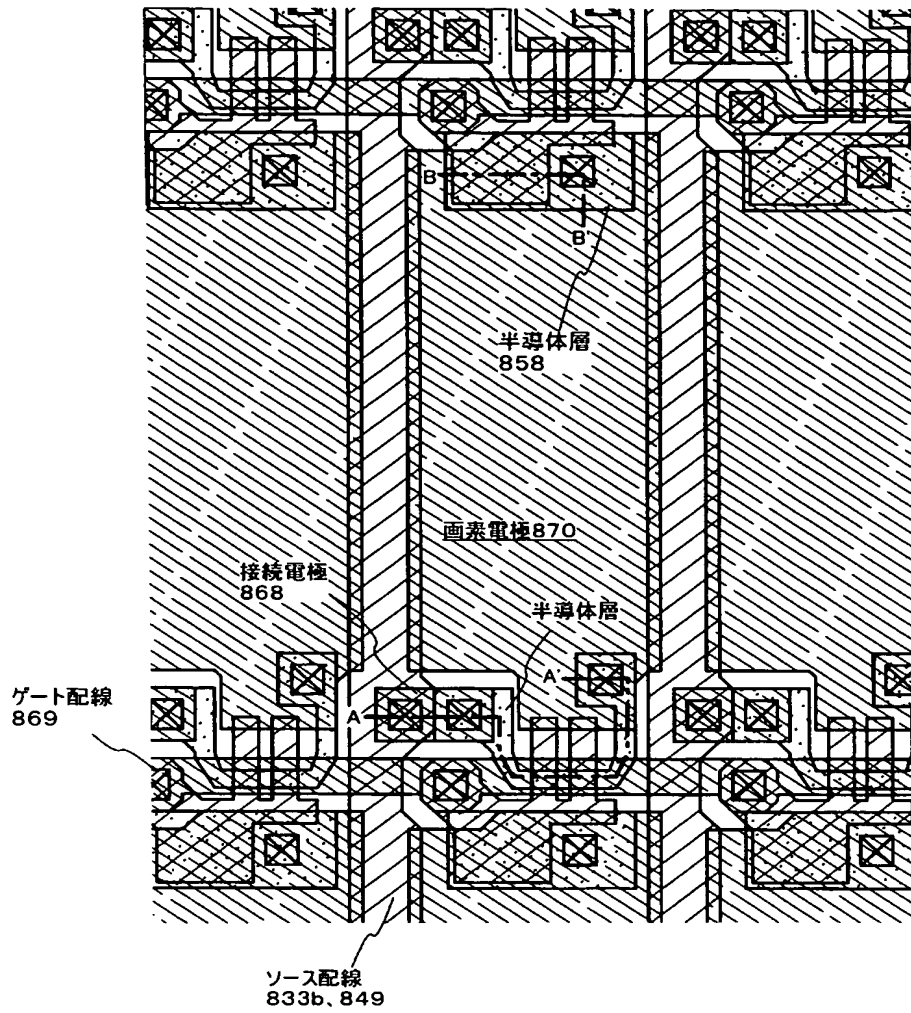
【図 7】



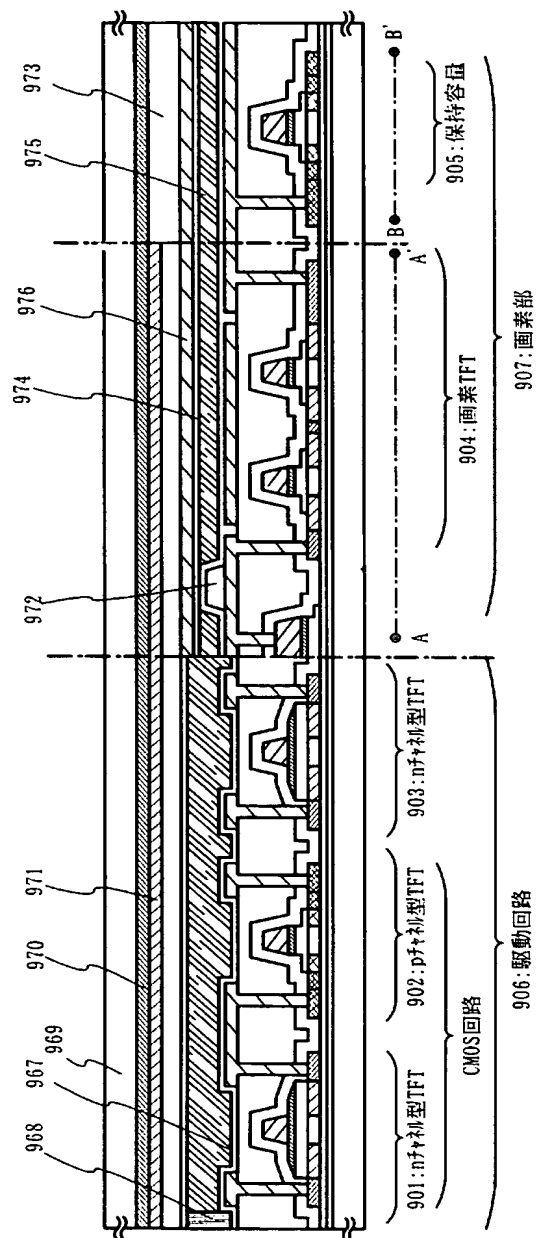
【図 8】



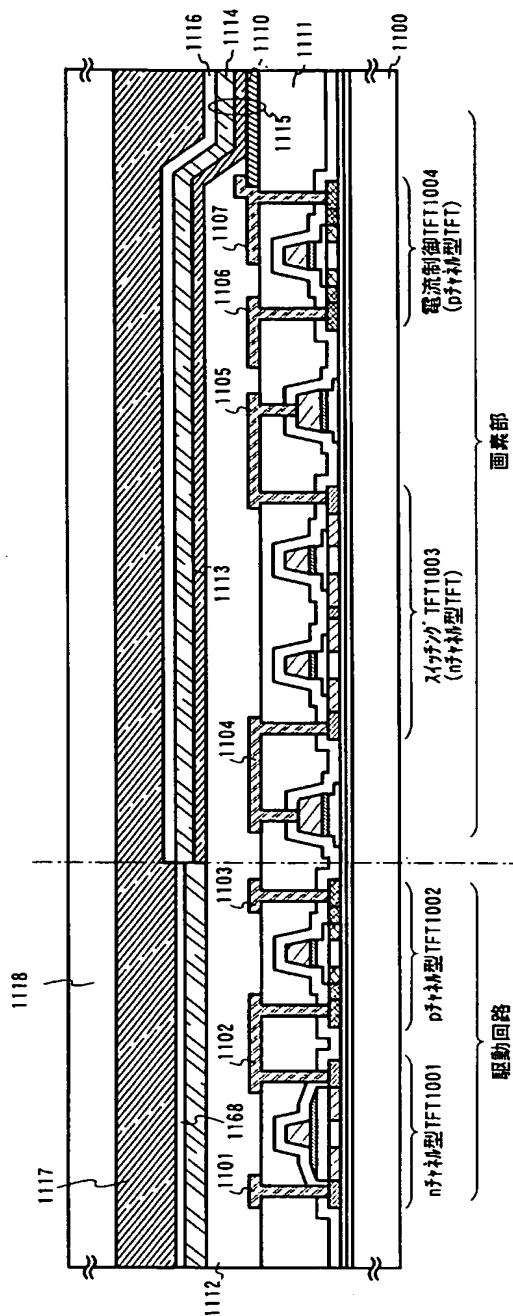
【図 9】



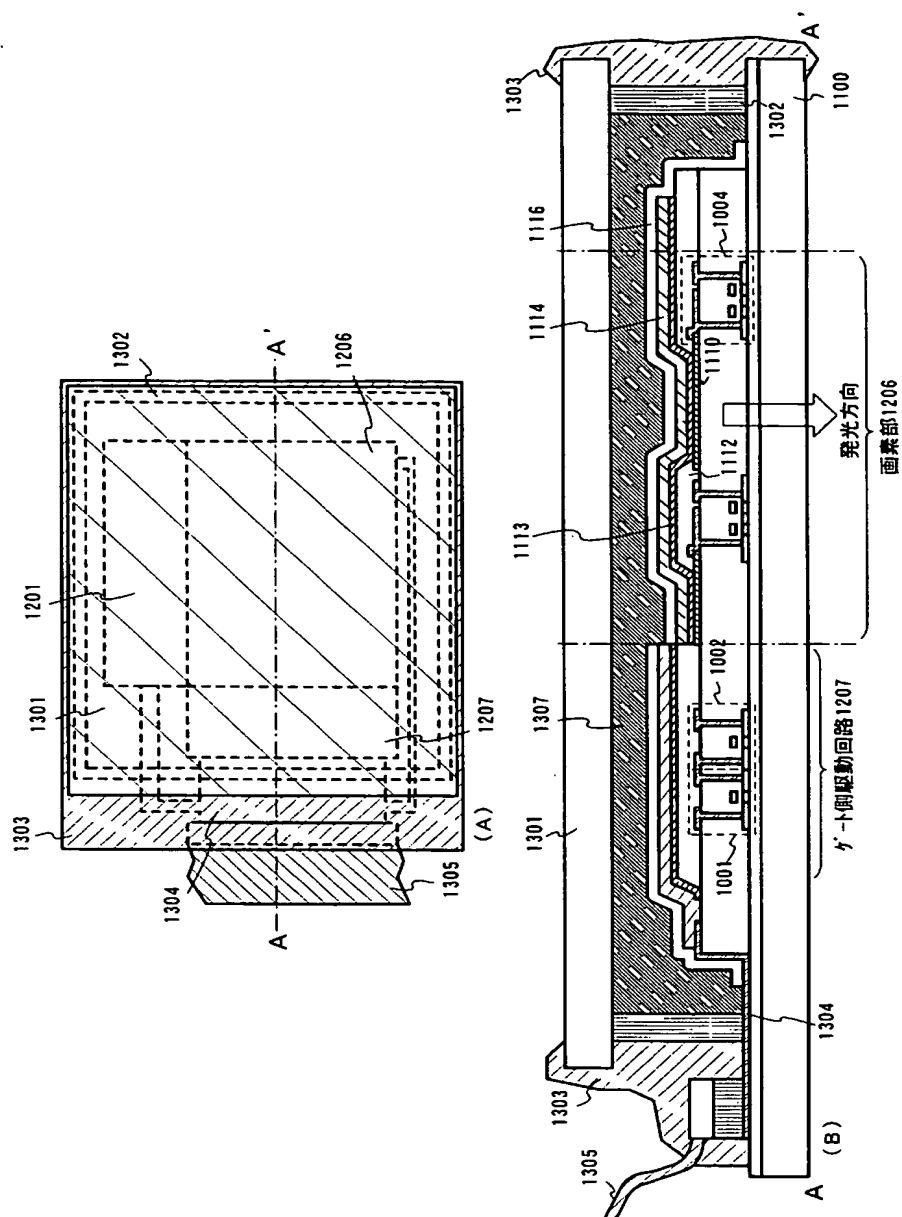
【図 10】



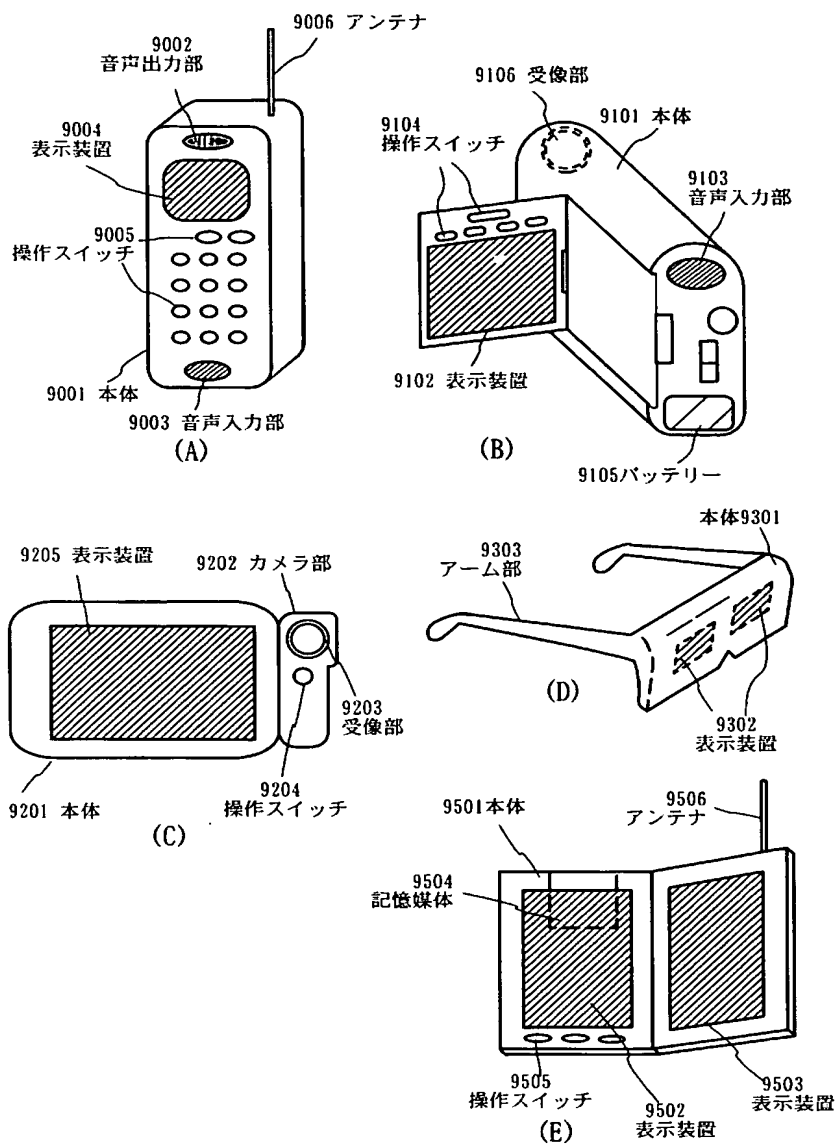
【図 11】



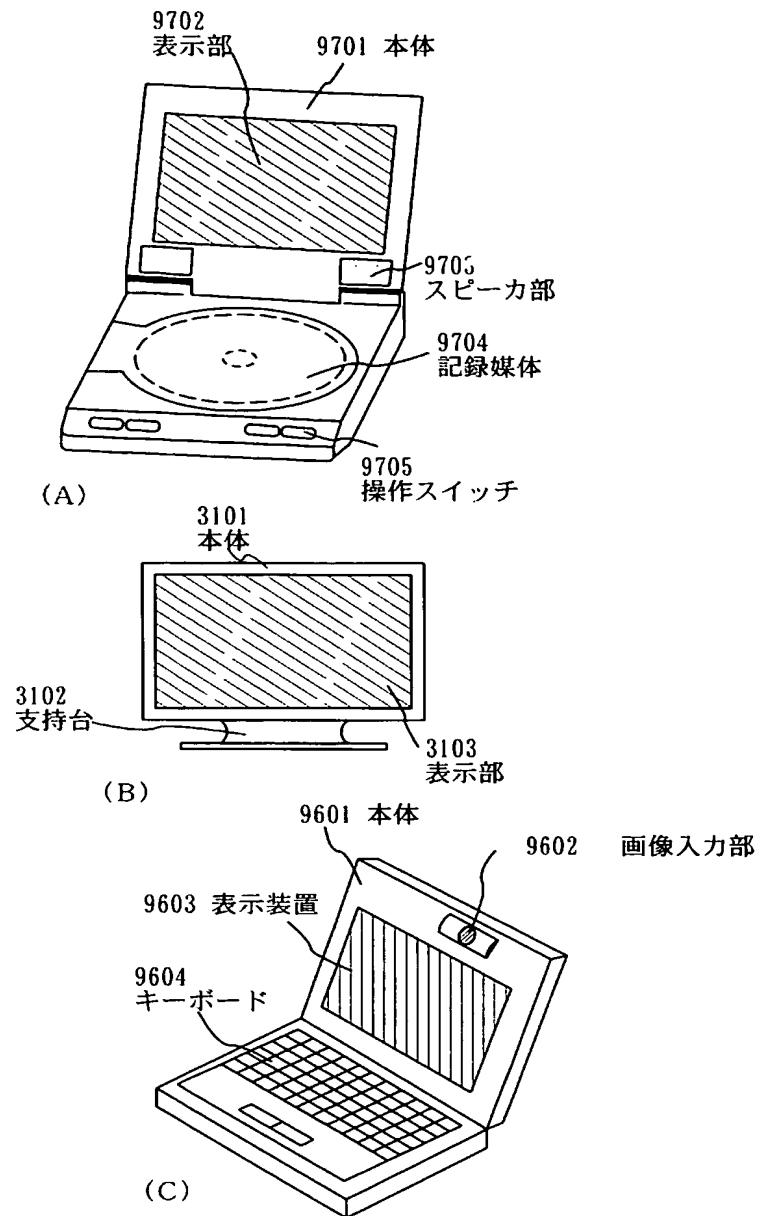
【図 12】



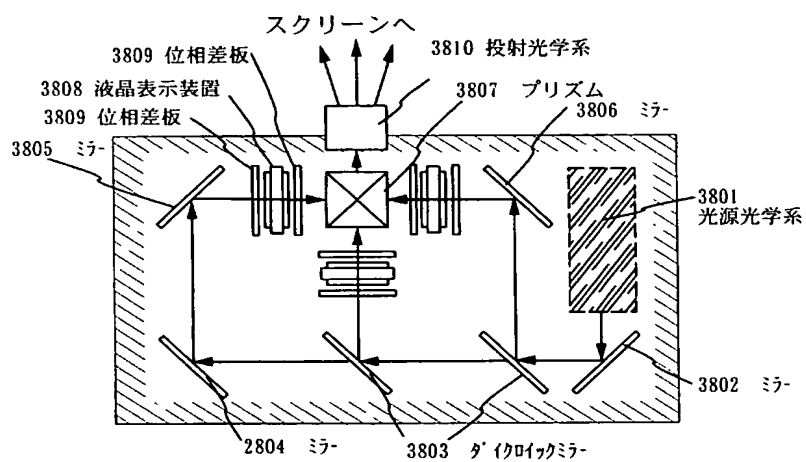
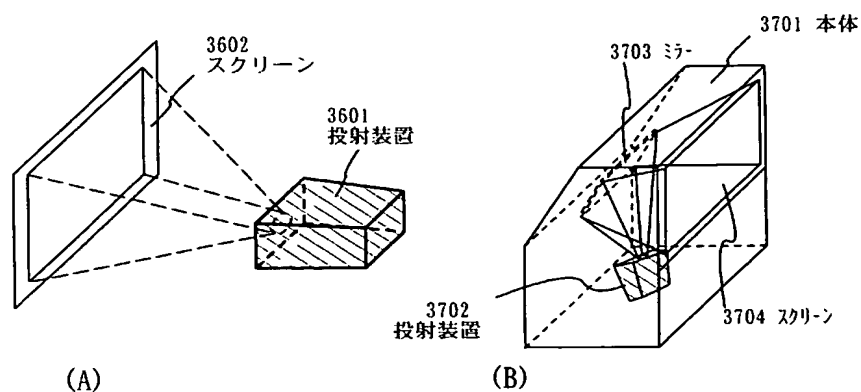
【図 13】



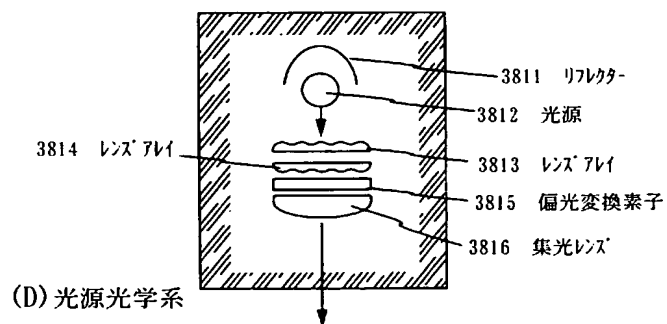
【図 14】



【図 15】



(C) 投射装置 (三板式)



(D) 光源光学系

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

レーザ光の照射による結晶化法は、得られる結晶質半導体膜の表面に凸部（リッジ）を多数形成し、膜質を低下させてしまう。本発明は、リッジの少ない表面を有する半導体膜を形成することのできるレーザ照射装置およびレーザ照射方法、並びに該半導体膜を用いる半導体装置の作製方法を提供することを目的とする。

【解決手段】

本発明は、照射面である半導体膜に、可視光以下である波長のパルス発振のレーザビーム 1 と同期させ、波長 $1\ \mu\text{m}$ 程度のパルス発振の基本波であるレーザビーム 2 を補助的に照射する。レーザビーム 1 およびレーザビーム 2 の出力、パルス幅、発振周期等を調整することによって、半導体膜の熔融時間をコントロールすることができ、半導体膜表面のリッジの形成を抑制しながらレーザアニールを行うことが可能になる。

【選択図】 図 1



特願 2 0 0 3 - 1 0 1 3 1 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 1 5 3 8 7 8]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 1 7 日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地
氏 名	株式会社半導体エネルギー研究所